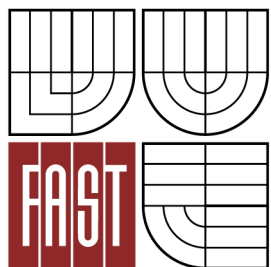




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

## MOŽNOSTI VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

POSSIBILITIES OF USING GRAY WATERS

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. IDA BOGÁŇOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství obcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Ida Bogáňová
<b>Název</b>	Možnosti využití šedých vod
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Renata Biela, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2011
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	13. 1. 2012
V Brně dne 31. 3. 2011	

.....  
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

PLOTĚNÝ, Karel. Dělení vod, bílé a šedé vody - nové poznatky a možnosti využití. In Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky. 1.vydání. Brno: ASIO, spol. s r.o., 2011. s. 21 – 27.

OŠLEJŠKOVÁ, Monika. Šedá voda ve zdravotní technice. In TZB-info [online]. 1.vydání. 2011 [cit. 2011-01-31]. Dostupné z WWW: voda.tzb-info.cz

DERRIEN, Francois. Zpětné využití šedé vody v budovách. In TZB-info [online]. 1.vydání. 2009 [cit. 2009-03-23]. Dostupné z WWW: voda.tzb-info.cz

PLOTĚNÝ, Karel. Odpadní vody jako zdroj surovin. In TZB-info [online]. 1.vydání. 2008 [cit. 2008-07-10]. Dostupné z WWW: voda.tzb-info.cz

ART, Ludwig. Create an Oasis with Greywater. 4.edition. Santa Maria, CA: Oasis Design, 2000. 48 p. ISBN 0-9643433-0-4.

## **Zásady pro vypracování**

Předmětem diplomové práce bude v první části rešerše k zadané problematice, v druhé části pak studie využití šedé vody v konkrétním objektu a ekonomické posouzení navržené recyklace.

## **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací  
Přílohy dle pokynů vedoucího diplomové práce

.....  
Ing. Renata Biela, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Šedá voda je odpadní voda z umyvadel, sprch, van, kuchyňských dřezů, myček a praček. Jejich úpravou je možné získat tzv. vodu bílou, kterou lze využít např. na splachování toalet a pisoárů, zalévání zeleně nebo k úklidu.

Předmětem této diplomové práce je uvést možnosti využití šedých vod. V první části této práce bude vypracována rešerše k danému tématu. V následující kapitole budou uvedeny příklady možností využívání šedých vod. Praktická část by měla spočívat v návrhu systému úpravy šedých vod v konkrétním objektu.

## **ABSTRACT**

Greywater is waste water from washbasins, showers, baths, kitchen sinks, dishwashers and washing machines. This can be treated to gain so-called white water, which can for example be used for flushing toilets and urinals, watering greenery or for cleaning.

The subject of this diploma thesis is to state the possibilities for utilisation of greywater. In the first part of this thesis, research will be elaborated on the given topic. In the following chapters, I would like to state examples of the possibilities for utilisation of greywater. The practical part should consist of design of a system for treatment of greywater in a specific building.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Šedá voda, bílá voda, vnitřní kanalizace, vnitřní vodovod, membránový modul, vodné, stočné.

## **KEYWORDS**

Greywater, white water, sanitary plumbing, internal water mains, membrane module, water rates, sewage rates.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BOGÁŇOVÁ, Ida. *Možnosti využití šedých vod*. Brno, 2012. 106 s., 6 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 8.1.2012

.....

podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Renatě Biele, Ph.D. za příkladné vedení při zpracování této diplomové práce a za její cenné rady a připomínky. Chtěla bych poděkovat panu Ing. Jakubovi Vránovi, Ph.D. z Ústavu technického zařízení budov, za poskytnutí konzultací ohledně vnitřních rozvodů. Dále děkuji panu Ing. Zdeňkovi Berkovi a panu Petrovi Hudcovi z Lázní města Brna (areál Rašínova) za poskytnutí podkladů a konzultací pro vypracování této práce. Děkuji společnosti ASIO, spol. s r.o., jmenovitě panu Ing. Karlovi Plotěnému a Ing. Adamovi Bartoníkovi za spolupráci ohledně návrhu a rozpočtu technologické linky na úpravu šedých vod. Za konzultaci ohledně ekonomických výpočtů děkuji panu doc. Ing. Vítovi Hromádkovi, Ph.D. z Ústavu stavební ekonomiky a řízení.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Odpadní vody .....</b>	<b>2</b>
2.1.1	Hnědé odpadní vody .....	2
2.1.2	Žluté odpadní vody .....	2
2.1.3	Šedé odpadní vody.....	3
<b>2.2</b>	<b>Sběrné a rozvodné potrubí šedých vod .....</b>	<b>3</b>
2.2.1	Sběrné potrubí.....	4
2.2.2	Rozvodné potrubí.....	4
<b>2.3</b>	<b>Druhy systémů pro použití na úpravu šedých vod.....</b>	<b>5</b>
2.3.1	Systém bez použití úpravy .....	5
2.3.2	Systémy s krátkou dobou zdržení .....	5
2.3.3	Systémy fyzikální/chemické.....	5
2.3.4	Systémy biologické.....	6
2.3.5	Systémy biomechanické .....	7
2.3.6	Systémy hybridní .....	7
<b>2.4</b>	<b>Čištění šedých vod.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5</b>	<b>Akumulace šedých vod .....</b>	<b>8</b>
2.5.1	Nádrže a cisterny vhodné ke skladování šedých vod .....	8
<b>2.6</b>	<b>Kvalita šedých vod .....</b>	<b>9</b>
2.6.1	Chemicko – fyzikální parametry šedých vod.....	10
<b>2.7</b>	<b>Odběr vzorků .....</b>	<b>11</b>
2.7.1	Vzorky pro mikrobiologický rozbor .....	11
2.7.2	Místa pro odběr vzorků.....	11
<b>2.8</b>	<b>Údržba .....</b>	<b>11</b>
<b>2.9</b>	<b>Hodnocení rizik .....</b>	<b>13</b>
<b>2.10</b>	<b>Kontroly a měření .....</b>	<b>13</b>
<b>2.11</b>	<b>Testování a uvedení do provozu.....</b>	<b>14</b>
2.11.1	Testování barvivem pro distribuci v potrubí křížového napojení .....	14
<b>3</b>	<b>PŘÍKLADY VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Hotel MOSAIC HOUSE v Praze .....</b>	<b>16</b>
3.1.1	Popis hotelu .....	17
3.1.2	Pasivní úspora energie .....	17
3.1.3	Ekologická šedá voda .....	17
3.1.4	Použitá technologie na úpravu šedých vod .....	18
3.1.5	Shrnutí .....	20
<b>3.2</b>	<b>Rodinný dům ve Francii.....</b>	<b>20</b>
3.2.1	Postup procesu úpravy šedé vody .....	20
3.2.2	Trubní systém v domě.....	21



3.2.3	Výsledky experimentu .....	21
<b>3.3</b>	<b>Hotel „Am Kurpark“ v Německu .....</b>	<b>24</b>
3.3.1	Přípravné práce se sprchovými vodami .....	24
3.3.2	Spotřeba vody v hotelu Am Kurpark .....	25
3.3.3	Vodovodní síť v hotelu .....	26
3.3.4	Shrnutí .....	27
<b>4</b>	<b>LÁZNĚ MĚSTA BRNA – AREÁL RAŠÍNOVA .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Popis řešené části areálu Rašínova .....</b>	<b>28</b>
4.1.1	2. podzemní podlaží .....	28
4.1.2	1. podzemní podlaží .....	30
4.1.3	1. nadzemní podlaží .....	32
4.1.4	2. nadzemní podlaží .....	32
<b>4.2</b>	<b>Návrh možných variant řešení.....</b>	<b>32</b>
4.2.1	Varianta I .....	33
4.2.2	Varianta II .....	35
4.2.3	Varianta III.....	37
<b>4.3</b>	<b>Rozbor šedé vody .....</b>	<b>39</b>
4.3.1	Chemický rozbor .....	39
4.3.2	Mikrobiologický rozbor.....	42
4.3.3	Zhodnocení rozboru šedé vody .....	44
<b>4.4</b>	<b>Návrh dimenze potrubí vnitřní kanalizace .....</b>	<b>44</b>
4.4.1	Dimenzování potrubí k jednotlivým zařizovacím předmětům .....	45
4.4.2	Dimenzování jednotlivých odpadních potrubí (stoupaček) .....	46
<b>4.5</b>	<b>Návrh dimenze potrubí vnitřního vodovodu .....</b>	<b>46</b>
4.5.1	Dimenzování potrubí k jednotlivým zařizovacím předmětům .....	46
4.5.2	Dimenzování jednotlivých stoupaček .....	48
<b>4.6</b>	<b>Výpis materiálu a armatur .....</b>	<b>48</b>
<b>4.7</b>	<b>Návrh technologie na úpravu šedých vod .....</b>	<b>50</b>
4.7.1	Filtr mechanických nečistot .....	50
4.7.2	Zásobní nádrž na NaOH .....	51
4.7.3	Dávkovací čerpadlo NaOH.....	52
4.7.4	Ponorné čerpadlo z akumulární nádrže .....	52
4.7.5	Membránový modul.....	53
4.7.6	Dmychadlo.....	53
4.7.7	Čerpadlo permeátu .....	56
4.7.8	Ponorné čerpadlo ATS .....	58
4.7.9	Membránová tlaková nádoba .....	59
4.7.10	Tlakový spínač.....	59
4.7.11	UV lampa.....	60
4.7.12	Vyrovňovací, reakční, akumulární nádrž.....	61
4.7.13	pH sonda .....	61
4.7.14	Snímač hladiny .....	61
4.7.15	Aerační elementy .....	61
4.7.16	Průtokoměr .....	63
4.7.17	Solenoidový ventil .....	63
4.7.18	Plastová popelnice na shrabky .....	65
4.7.19	Technologické schéma.....	66
<b>4.8</b>	<b>Rozpočet pro výstavbu vnitřní kanalizace a vnitřního vodovodu.....</b>	<b>66</b>

4.8.1	Rozpočet pro vnitřní kanalizaci .....	67
4.8.2	Rozpočet pro vnitřní vodovod .....	68
4.8.3	Rozpočet – zednické práce.....	69
4.8.4	Rozpočet – stavební přesun hmot.....	69
4.8.5	Rozpočet pro výstavbu vnitřního vodovodu a kanalizace s DPH .....	70
<b>4.9</b>	<b>Rozpočet technologické linky na úpravu šedých vod.....</b>	<b>71</b>
<b>4.10</b>	<b>Celkový rozpočet .....</b>	<b>73</b>
<b>4.11</b>	<b>Srovnání cen vodného a stočného .....</b>	<b>73</b>
4.11.1	Vývoj cen vodného a stočného v Praze .....	74
4.11.2	Vývoj cen vodného a stočného v Brně.....	76
4.11.3	Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě .....	78
4.11.4	Porovnání cen vodného a stočného v Praze, Brně a Ostravě .....	80
<b>4.12</b>	<b>Provozní náklady na výrobu bílé vody .....</b>	<b>81</b>
4.12.1	Elektrická energie .....	82
4.12.2	Hydroxid sodný, aktivovaný kal a UV lampa.....	84
4.12.3	Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody .....	86
<b>4.13</b>	<b>Srovnání cen za pitnou vodu bez využití a s využitím systému na úpravu šedých vod.....</b>	<b>88</b>
<b>4.14</b>	<b>Výpočet doby návratnosti investice .....</b>	<b>92</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>95</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>96</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>101</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>103</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>105</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>106</b>

# 1 ÚVOD

Opětovné využívání odpadních vod nabývá v poslední době většího významu. V některých zemích se potýkají s nedostatkem pitné vody, a proto se začínají hledat alternativní řešení. Úprava mořské vody je nákladnější než úprava tzv. šedých vod. V dnešní době se proto začíná s úpravou šedých vod na vodu užitkovou, tzv. bílou vodu. V některých zemích je již částečně využívání šedých vod nařízeno, např. v Japonsku na splachování WC. V naší republice máme prozatím dostatek vodních zdrojů, ale v jiných státech EU již nastaly problémy s množstvím vody. Pokud by nebylo dostatečné množství šedé vody pro úpravu na vodu bílou, je možné pro tyto účely (splachování WC, zalévání zahrad, úklid) využít dešťovou vodu, která bude upravena stejným způsobem jako voda šedá.

Jako cíle diplomové práce jsem si stanovila:

- sepsání rešerše na dané téma;
- uvedení konkrétních příkladů využití šedých vod;
- návrh systému úpravy šedých vod v daném objektu.

V rámci rešerše se budu zabývat touto problematikou trochu hlouběji. Bohužel prozatím u nás neexistuje k tomuto tématu dostatek informací. V České republice zatím není platná žádná norma ani předpisy pro navrhování a využívání těchto vod. Pro sepsání rešerše, která by měla být první částí této práce, se budu muset zaměřit na zahraniční literaturu.

V další části, jak už jsem uvedla výše, bych chtěla uvést konkrétní případy, kde se už šedá voda využívá. V ČR byla technologie na úpravu šedých vod instalována v hotelu Mosaic House v Praze. Chtěla bych proto získat, co nejvíce informací o této instalaci a popsat ji ve své práci jako názorný příklad použití. Předpokládá se, že cena vodného a stočného bude v budoucnosti dále stoupat, proto by se mohla šedá voda začít více využívat.

Součástí diplomové práce by měl být i návrh systému na úpravu šedých vod v konkrétním objektu. Uvažovala jsem nad tím, o jaký objekt by se mělo jednat. Určitě by to měla být budova, kde se denně vyskytuje mnoho lidí, a to z důvodu dostatku vod na úpravu a následně na její rozvod. Nabízejí se tedy nějaké administrativní budovy, nemocnice, školy, hotely, restaurace, plavecké bazény. Oslovila jsem pár plaveckých bazénů, ale s moc kladnými odpovědi jsem se nesetkala. Jediní, kteří mi nabídli spolupráci byly Lázně města Brna, p.o., které mají pod sebou několik samostatných objektů provozujících plavecké bazény. Konkrétně mi odpověděli z areálu na Rašínově. Poslední kapitola této diplomové práce se tedy bude týkat návrhu technologie na úpravu šedých vod v tomto objektu.

## 2 VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

Šedá voda je voda komunální, bez fekálií a moče. Dle toho, kde vody vznikly je lze rozdělit do čtyř skupin [1]:

- neseparované šedé vody;
- šedé vody z kuchyní (dřezů) a myček nádobí;
- šedé vody z praček;
- šedé vody z umyvadel, sprch a van.

### 2.1 ODPADNÍ VODY

Odpadní vody můžeme rozdělit do následujících tří skupin:

- hnědé odpadní vody;
- žluté odpadní vody;
- šedé odpadní vody.

#### 2.1.1 Hnědé odpadní vody

Hnědé vody jsou tvořeny odpadními vodami z toalet (fekálie). V těchto vodách se vyskytují nutrienty v následujícím složení [2]:

- 16 % dusíku;
- 36 % fosforu;
- 17 % draslíku.

#### 2.1.2 Žluté odpadní vody

Žluté vody jsou též tvořeny odpadními vodami z toalet, ale pouze močí. Každý člověk denně vyloučí přibližně 0,6 – 2,0 l moči. V následující tabulce (tab. 2.1) jsou uvedeny hodnoty produkce a koncentrace připadající na jednoho člověka [2]:

Tab. 2.1 Složení žluté odpadní vody [2]

Složka	Produkce [g/den]	c [mg/l]
Na	5,00	3300
K	2,20	1465
Ca	0,20	133
P	1,20	800
N(NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,58	387

### 2.1.3 Šedé odpadní vody

Tyto vody mohou obsahovat stopy po jídle, tucích, čistících i pracích prostředcích a vlasy. V domácnostech vzniká přibližně 55 l/os/den užitkové vody, přibližně 30 % ze spotřeby pitné vody jsou vody, které se dají po úpravě dále využít. Bez hygienického rizika se šedé vody mohou použít na [3]:

- splachování toalet;
- zavlažování (pro rostliny představují cenné hnojivo);
- úklidové práce.

Nejjednodušším způsobem, jak využít šedou vodu pro závlahu rostlin, stromů a okrasných dřevin, je vyvedení potrubí přímo k rostlině. Je možné též touto vodou zavlažovat i některé druhy zeleniny a ovoce (rajčata, papriky, okurky, jahody) tak, aby nedošlo ke kontaktu vody s částí rostliny, kterou budeme posléze konzumovat. Pokud chceme tuto vodu používat k zalévání zahrad, měli bychom se vyhnout v používání některých prostředků, např. to jsou:

- bělidla;
- barviva;
- koupelové soli;
- prostředky obsahující bor, který je toxický pro rostliny.

Měli bychom používat prostředky na přírodní bázi, jejichž složky neškodí rostlinám [4].

#### ***Pokyny, které by se měly dodržet při opětovném použití vody***

1. Neskladujeme šedou vodu déle než 24 hodin. Pokud bychom ji nechali déle uloženou, tak by živiny začaly měnit své vlastnosti, docházelo by k vytváření nepříjemných pachů a k zvýšenému výskytu hmyzu (komárů).
2. Minimalizovat kontakt s touto vodou, z důvodu možnosti výskytu patogenních bakterií. Voda je určena pro zasáknutí do země a nesmí být užitá pro potřeby lidí nebo zvířat.
3. Systém by měl být jednoduchý, nejlépe se vyhnout použití čerpadel a filtrů, které by vyžadovaly častou údržbu. Jednoduchý systém má vyšší životnost, není náročný na údržbu a energii, je méně nákladný.
4. Je výhodné instalovat ventil, který umožní snadné přepínání mezi systémem na šedou vodu a kanalizaci, případně septikem [4].

## 2.2 SBĚRNÉ A ROZVODNÉ POTRUBÍ ŠEDÝCH VOD

Šedé vody mohou být získávány různými způsoby, které závisí na typu systému. Tyto vody by měly být odváděny samostatným potrubím a do zařízení na jejich úpravu přiváděny nejlépe gravitačně. U vícepodlažních budov by mohl nastat problém s gravitačním přiváděním šedé vody, proto by se u těchto objektů měla vzít v úvahu čerpadla [5].

Potrubí pro odvod šedých vod by měla být [5]:

- pro šedé vody z koupelen;
- návrh a stanovení musí být v souladu s BS EN 12056-2:2000 tak, aby byl minimalizován vznik pěny. Pěna je tvořena přítomností vzduchu, který je strháván;
- průtočná, aby nedocházelo ke stagnaci.

### 2.2.1 Sběrné potrubí

U sběrného potrubí z koupelen se doporučuje osadit lapák vlasů a u potrubí z kuchyní síto nebo filtr, který zachytí znečišťující látky ještě před vstupem do zařízení na úpravu šedých vod. Měl by tu být řešen i obtok, který umožňuje vypuštění šedé vody přímo do kanalizace v případě údržby nebo poruchy. Potrubí, kterým proudí šedá voda, musí být řádně označeno, že se nejedná o pitnou vodu, nýbrž o vodu užitkovou. Toto potrubí by mělo být označeno po celé jeho délce v pravidelných intervalech (maximálně po 0,5 m) [5].

### 2.2.2 Rozvodné potrubí

Rozvodné potrubí musí být označeno jako potrubí, kterým proudí užitková (bílá) voda. Označení systému je nutné po celou dobu jeho užívání. Provádí se trvalé označení již při výrobě a další označení pak při jeho instalaci štítkem. Pokud je na vnějším povrchu potrubí provedena izolace, musí být označení provedeno i na této izolaci. Potrubí by mělo být označeno po celé jeho délce v pravidelných intervalech (maximálně po 0,5 m). Možný způsob označení je uveden na obrázku 2.1 [5].



Obr. 2.1 Způsob značení na místech používání bílé vody [5]

Systém na úpravu šedých vod by měl rozvádět upravené šedé vody:

- a) čerpáním ze zásobní nádrže přímo do místa jejího použití;
- b) čerpáním ze zásobní nádrže do nádrže v blízkosti místa použití;
- c) gravitačně, pokud to umožňuje terén;

d) pomocí čerpadel.

### ***Potrubí a armatury k odvádění šedých vod***

Materiály vhodné pro použití na potrubí (armatury) k odvádění šedých vod:

- polybutylen;
- křížově napojený polyetylén;
- měď;
- nerezová ocel.

Pro snadnou identifikaci je nutné jednotlivá potrubí barevně rozlišit. Potrubí, které rozvádí pitnou vodu, je zpravidla modré barvy a potrubí šedé vody se doporučuje značit zelenou nebo černo-zelenou barvou. Potrubí by mělo být dimenzováno tak, aby bylo schopno převést daný průtok i tlak. Předimenzované potrubí by mohlo působit problémy s kvalitou vody z důvodu nízkých průtoků [5].

## **2.3 DRUHY SYSTÉMŮ PRO POUŽITÍ NA ÚPRAVU ŠEDÝCH VOD**

Existuje řada variant možných způsobů, kterými lze šedou vodu upravit pro její další využití:

1. systémy bez použití úpravy;
2. systémy s krátkou dobou zdržení;
3. systémy fyzikální/chemické;
4. systémy biologické;
5. systémy biomechanické;
6. systémy hybridní.

### **2.3.1 Systém bez použití úpravy**

U těchto systémů je šedá voda sbírána jednoduchým zařízením a do místa jejího použití je dopravována bez použití jakékoliv úpravy nebo jen s minimální dobou zdržení. Tato voda, která není nijak upravovaná, je vhodná pouze pro podpovrchové zavlažování [5].

### **2.3.2 Systémy s krátkou dobou zdržení**

Systémy s krátkou dobou zdržení využívají jednoduchou úpravu nebo filtrační zařízení, u kterého dochází k odstraňování nečistot z povrchu šedé vody a jejich následném usazování na dně nádrže. Takto upravené vody bychom měli, co nejdříve využít, aby nedocházelo k nežádoucímu zápachu a zhoršení kvality vody [5].

### **2.3.3 Systémy fyzikální/chemické**

Tyto systémy využívají pro odstraňování nečistot filtraci ještě před akumulací vody. Dezinfekční přípravky, např. brom nebo chlor, se používají k zastavení růstu bakterií až během akumulace [5].

### 2.3.4 Systémy biologické

Biologické systémy používají k čištění šedých vod aerobní nebo anaerobní bakterie, které jsou schopny trávit organický materiál. U aerobního čištění vod se mohou použít k provzdušňování dmychadla nebo vodní rostliny [5].

#### *Kořenová čistírna odpadních vod*

Vhodným zařízením pro úpravu šedých vod se ukázaly kořenové čistírny odpadních vod. Kořenová ČOV je mělká nádrž, ve které je umístěn štěrk, do kterého se osazují vhodné bahenní a vlhkomilné rostliny.

Výstavba kořenové ČOV se považuje za stavbu, proto je nutné získat povolení stavebního úřadu a je vhodné požádat vodoprávní úřad o vyjádření, zda tato stavba není v rozporu se zákonem o vodách.

Kořenová ČOV by měla být umístěna na slunném místě. Vhodné je, aby šedá voda vtékala do kořenové ČOV a odtékala do připravené nádrže samospádem. Pokud nebude možné přivádět a odvádět vodu samospádem musíme využít čerpadla.

Hloubka této ČOV by měla být 60 – 80 cm. Na každého člena domácnosti uvažujeme 5 m<sup>2</sup> prostoru. Dno je tvořeno nepropustnou fólií o tloušťce minimálně 1 mm a kamínky, do kterých se zasazují vhodné rostliny [6].

Vhodné rostliny pro výstavbu kořenové ČOV:

- rákos obecný (*Phragmites australis*);
- orobinec širokolistý (*Typha latifolia*);
- orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*);
- chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*);
- sitina rozkladitá (*Juncus effusus*);
- zblochan vodní (*Glyceria maxima*);
- zevar vzpřímený (*Sparganium erectum*);
- skřípínek jezerní (*Schoenoplectus lacustris*);
- kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*).

Tyto rostliny jsou schopny dodávat kyslík do svých dutých kořenů, čímž je umožňován život bakterií a řas. Mikroorganismy zde spolupracují s bahenními rostlinami tak, že mikroorganismy rozkládají částice odpadu z vody na živiny, a ty jsou pak spotřebovávány těmito rostlinami. Kyslík, který prostřednictvím kořenů rostlin přivádíme do vody je nezbytnou součástí pro odbourání organického dusíku a uhlíku. Nadzemní části rostlin by se měly minimálně jednou ročně sklídit a nejlépe zkompostovat.

Kořenovou ČOV (obr. 2.2) lze využívat i přes zimní období, ale proces probíhá pomaleji. Je důležité mít možnost vývodu šedé vody jak do kořenové ČOV, tak i do kanalizace, z důvodu zimního vyřazení kořenové ČOV z provozu [6].





Obr. 2.2 Kořenová ČOV [7]

### 2.3.5 Systémy biomechanické

Biomechanické systémy kombinují biologické a fyzikální čištění šedé vody. Dochází zde k odstranění organické hmoty za pomoci mikrobiální kultury a k usazování pevných částic. Aktivita bakterií je zajišťována vháněním kyslíku [5].

### 2.3.6 Systémy hybridní

Tyto systémy jsou konstruovány kombinací výše popsaných systémů.

## 2.4 ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

Šedé vody jsou mírně znečištěné odpadní vody, které se dají za určitých splněných podmínek použít jako voda provozní. Čištění probíhá v následujících technologiích [8]:

- hrubá filtrace;
- filtrace, aktivace (biologicko – mechanické čištění);
- sedimentace;
- UV záření.

Pomocí hrubé filtrace jsou ze šedé vody odstraňovány hrubé nečistoty (vlákna, vlasy). Poté voda vstoupí do první fáze biologického čištění, které probíhá v aerobně nebo anaerobně biologických reaktorech či půdních filtrech.

Technologie aerobního čištění šedých vod je vhodná pro vody získané ze sprch, praní a umyvadel. Biologické odstraňování nutrientů probíhá v aktivačních nádržích, s možností chemického srážení fosforu. Částice se nechají sedimentovat a poté se odvedou stokou na čistírnu odpadních vod.

Pokud se do systému dostanou zbytky potravin z myček nádobí a kuchyňských dřezů je doporučeno použít anaerobní systém, který odstraňuje tuky a zbytky jídla. Voda z tohoto

systému je kvalitnější a nezatěžuje tolik životní prostředí. Zařízení by mělo být v ideálním případě složeno z [8]:

- třístupňového septiku;
- nádrže na kal;
- lapáku tuků.

Ze septiku vytéká voda anaerobní a poté následuje pískový filtr s geotextílií nebo biologická jednotka pro obnovení aerobních podmínek. Konečná úprava vody probíhá v půdním pískovém loži. Dočištění vody je možno provádět pomocí UV záření, které je vhodné pro rodinný dům se čtyřmi až pěti členy domácnosti. Tato voda pak vyhovuje kvalitě vody, která je vhodná ke koupání [8].

## 2.5 AKUMULACE ŠEDÝCH VOD

Tam, kde je to možné, bychom se měli vyhnout zdržení nevyčištěných šedých vod. Pokud je nutné zdržení vyčištěné šedé vody, musíme brát v úvahu parametry uskladnění:

- maximální průtok poskytující zařízení na úpravu;
- potřebná teplota, která je vhodná pro uskladnění;
- maximální doba zdržení.

### 2.5.1 Nádrže a cisterny vhodné ke skladování šedých vod

Nádrže mohou být řešeny jako podzemní nebo nadzemní. Tyto nádrže bývají nejčastěji řešeny jako prefabrikované. Vhodnými materiály pro tyto nádrže jsou materiály, které vytvářejí vodotěsnou konstrukci a nepodporují růst mikroorganismů [5].

Možné materiály pro výstavbu skladovacích nádrží:

- beton;
- sklolaminát;
- polyetylen;
- polypropylen;
- ocel potažená nekorodujícím materiálem.

Pro získání větší kapacity mohou být nádrže vzájemně propojeny, ale musíme zabránit vzniku možné stagnace tím, že potrubí umožní průtok nádrží. Z důvodu kontaminace vody by nádrže i cisterny měly být opatřeny víky, přepadem a odpovídajícím větráním. Nádrže a cisterny umístíme tak, aby voda nedosahovala teploty, která je příznivá pro růst mikroorganismů, nejlépe do stinného místa [5].

### *Přepad, obtok*

Přepad slouží u nádrží a cisteren k odvádění přebytečné vody, zabránění zpětnému toku a vniku nežádoucích živočichů do systému pro úpravu šedých vod.

Obtokové potrubí musí být dimenzováno tak, aby bylo schopno odvést maximální průtok.

Přepad i obtok by měly být napojeny na kanalizaci [5].

## ***Nadzemní nádrže, cisterny***

U těchto nádrží by měla být dostatečně provedena izolace, materiál neprůhledný, aby nedocházelo k nežádoucímu zamrzání, oteplování a růstu řas. Tyto nádrže jsou výhodné z hlediska pozdějších rekonstrukcí [5]. Nadzemní nádrže musí být založeny pevně na stabilním základu minimálně 150 mm ve všech směrech nad maximální rozměry nádrže.

## ***Podzemní nádrže***

Podzemní nádrže chrání vodu před nežádoucím oteplováním, zamrzáním i růstem řas. Konstrukce těchto nádrží musí být dostatečně pevná, aby odolávala zatížení od zeminy a případnému zatížení od provozu [5]. Tyto nádrže bychom měli umístit tak, aby nedocházelo k jejich deformaci nebo poškození.

## **2.6 KVALITA ŠEDÝCH VOD**

V současnosti zatím neexistují žádné zákonné požadavky na kvalitu vyčištěných šedých vod, které se používají jako voda užitková. Kontrola kvality vody by měla být prováděna při údržbě, aby byl ověřen výkon systému. Testování kvality šedé vody se nedoporučuje provádět ihned po uvedení systému do provozu, neboť z počátku je systém naplněn vodou z vodovodního řádu, a tak by výsledky byly zkresleny. V následující tabulce (tab. 2.2) jsou uvedeny parametry týkající se provozu systému poskytující údaje o jakosti vody [5].

**Tab. 2.2 Orientační hodnoty pro monitorování obecného systému [5]**

Parametr	Postřikové aplikace	Bezpostřikové aplikace			Testování	Typ systému
	Tlakové mytí, zahradní rozstřikovač a mytí vozidel	Splachování WC	Zavlažování zahrad	Praní		
Zákal [NTU]	< 10	< 10	nelze aplikovat	< 10	BS 1427	Všechny systémy
pH	5 - 9,5	5 - 9,5	5 - 9,5	5 - 9,5	BS 1427	Všechny systémy
Zbytkový chlor [mg/l]	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0	BS EN ISO 7393-2	Všechny systémy
Zbytkový brom [mg/l]	0	< 5,0	0	< 5,0	Blue Book 218, Method E10 [N3]	Všechny systémy

## 2.6.1 Chemicko – fyzikální parametry šedých vod

Mezi chemicko – fyzikální parametry řadíme pH, teplotu, barvu, zákal, BSK<sub>5</sub>, CHSK a množství plovoucích látek [8].

### *pH*

U komunálních vod se hodnota pH pohybuje v rozmezí hodnot 7 – 8. Šedé vody, které obsahují vody z praní, mají pH 9,3 – 10. U šedých vod z koupelen a kuchyní je hodnota pH nižší, pohybuje se v rozmezí 5 – 8,6 [8].

### *Teplota*

Teplota šedých vod ze sprch, van a umyvadel kolísá v hodnotách 18 – 38 °C, u vod z praček jsou hodnoty teploty v rozmezí 28 – 32 °C. Čím vyšší teploty, tím dochází k vyššímu rozvoji a růstu mikroorganismů [8].

### *Barva, zákal*

Vyšší hodnoty zákalu a barvy se vyskytují u šedých vod z koupelen, voda z pračky má o něco nižší hodnoty [8].

### *BSK<sub>5</sub>, CHSK, plovoucí látky*

V následující tabulce (tab. 2.3) jsou uvedeny hodnoty BSK<sub>5</sub>, CHSK a plovoucích látek. V klasických komunálních vodách je poměr CHSK:BSK<sub>5</sub> obvykle 2:1. Množství plovoucích látek je vyšší u šedých vod z praček (obsahují různá vlákna) než u vod z van a umyvadel, ty zpravidla obsahují převážně vlasy [8].

Tab. 2.3 Hodnoty BSK<sub>5</sub>, CHSK a množství plovoucích látek v šedých vodách [8]

Zdroj šedé vody	Plovoucí látky [mg/l]	BSK <sub>5</sub> [mg/l]	CHSK [mg/l]
Pračky	79 - 280	48 - 682	375
Vany, sprchy, umyvadla	7 - 120	19 - 200	64 - 8000
Kuchyňské dřezy, myčky nádobí	134 - 1300	669 - 756	26 - 1600
Neseparovaná šedá voda	-	41 - 194	495 - 623

Z těchto hodnot lze usoudit, že nejméně zatížené jsou vody ze sprch a mytí, naopak vody z kuchyní jsou hodně zatížené, a to z důvodu vyššího obsahu zbytků biologického odpadu. Dle těchto poznatků lze šedou vodu dále rozdělit do dvou skupin [8]:

- voda vhodná pro recyklaci (z umyvadel, sprch, van);
- voda podmíněně použitelná pro recyklaci (z kuchyňských dřezů, myček nádobí).

## **2.7 ODBĚR VZORKŮ**

Při odběru vzorku by se měly brát v úvahu následující faktory:

- počet míst pro odběry;
- místo a čas odběru vzhledem k běžným provozním podmínkám;
- druh a množství vzorků;
- způsob odběru vzorků.

### **2.7.1 Vzorky pro mikrobiologický rozbor**

Při odběru těchto vzorků by měla být brána v úvahu také možnost přítomnosti biocidů. Vhodnými vzorky vody pro indikaci rizika uživatele jsou vzorky bez úpravy a dezinfekce. Před zahájením analýzy by měly vzorky projít co nejméně změnami, proto je nutné načasovat jejich odběr i převoz do laboratoře [5].

### **2.7.2 Místa pro odběr vzorků**

Vzorky odebíráme co nejdále od nádrží, aby nám vzorek reprezentoval stav celého systému. Pokud je vyžadován odběr vzorku i z nádrží, měl by být odebrán [5]:

- po toku do akumulární nádrže;
- v nádrži, kde hrozí změna teploty nebo smíchání s vodou ze záložního zdroje.

## **2.8 ÚDRŽBA**

Před provedením údržby by měl být systém na šedé vody vypuštěn a propláchnut čistou vodou, aby nedošlo ke kontaminaci osob, které údržbu vykonávají. Měla by být pozastavena dodávka vody i elektrické energie před otevřením jakéhokoliv poklopu či víka. Postup údržby musí být vykonáván v souladu s pokyny danými výrobcem. O každé prohlídce či údržbě by měl být vypracován protokol. V tabulce 2.4 je uveden předpokládaný plán údržby [5].

**Tab. 2.4 Plán údržby [5]**

Součást systému	Provoz	Poznámky	Četnost
Filtry, membrány, biologicky podporované média a filtry	Kontrola/údržba	Zkontrolovat stav filtru, vyčistit nebo v případě potřeby vyměnit.	Ročně
Biocid, dezinfekční nebo jiné chem. prostředky	Kontrola/údržba	Zkontrolovat, zda dávkovací jednotka pracuje správně a doplnit v případě potřeby zásobu chemikálií.	Měsíčně
UV lampy	Kontrola/údržba	Vyčistit a vyměnit v případě potřeby.	1 x 6 měsíců
Zásobník / cisterny	Kontrola	Zkontrolovat, zda nedochází k únikům, že nedochází k nahromadění nečistot, a že všechny nádrže jsou stabilní a poklopy jsou správně namontovány.	Ročně
	Údržba	Vypustit a vyčistit nádrž.	1 x 10 let
Čerpadla a ovládání čerpadel	Kontrola/údržba	Zkontrolovat, zda nedochází k únikům, a že nedošlo k žádné korozi; provést zkušební provoz, zkontrolovat plnění plynem.	Ročně
Záložní zásobování vodou	Kontrola	Zkontrolovat, zda záložní zásobování vodou funguje správně, a že vzduchové mezery jsou zachovány.	Ročně
Řídicí jednotka	Kontrola/údržba	Zkontrolovat, zda jednotka funguje správně, včetně funkcí alarmu.	Ročně
Měření hladiny vody (jsou-li k dispozici)	Kontrola	Zkontrolovat, zda všechny údaje měřidla odpovídají správné hladině vody v nádrži.	Ročně
Elektroinstalace	Kontrola	Vizuální kontrola, že vodiče jsou elektricky bezpečné.	Ročně
Potrubí	Kontrola	Zkontrolovat, zda nejsou: žádné úniky, potrubí je vodotěsné a případné prosakování je jasné.	Ročně
Označení	Kontrola	Zkontrolovat, zda je označení na potrubí a ventilech správné a viditelné.	Ročně
Podpora a upevnění	Kontrola/údržba	Nastavit a utáhnout v případě potřeby.	Ročně
Proplach	Kontrola/údržba	Zkontrolovat funkčnost.	Ročně

## 2.9 HODNOCENÍ RIZIK

Zhodnocení rizik by mělo být provedeno za účelem zjištění, zda systém je bezpečný a vhodný pro daný účel. Mělo by být provedeno už při návrhu systému a dle uznávaného postupu v BS 31100:2008 Risk management.

Při hodnocení rizik by se mělo brát v úvahu [5]:

- návrh;
- instalace;
- testování a uvedení do provozu;
- provoz a údržba systému;
- kvalita vody,
- stabilita konstrukce;
- bezpečnost elektroinstalace;
- zabezpečení přístupu.

Měly by být dále také zváženy možné účinky a potenciální dopady vody uvnitř systému a procesu úpravy na [5]:

- osoby (včetně provozovatelů, instalatérů, správců, spotřebitelů vody);
- prostředí (včetně zvířat, rostlin, vodních toků, podzemních vod);
- hmotného majetku (budovy, stavební materiál, zahrady).

## 2.10 KONTROLY A MĚŘENÍ

Řídící jednotka by měla informovat uživatele o tom, zda systém funguje efektivně. Zařízení, které není napájeno elektrickou energií, by mělo být umístěno tak, aby byla možná vizuální kontrola. Řídící jednotka, která je napojena na elektrickou energii by měla [5]:

- uživatele informovat při každém doplňování spotřebovaného materiálu nebo při jeho nahrazení, aby se zabránilo selhání systému;
- zajistit, že šedá voda nebude v systému zadržována na dobu, která by mohla vést ke zhoršení kvality vody.
- v případě selhání systému:
  - a) upozornit uživatele (optický nebo akustický varovný signál);
  - b) zajistit obtok, který odvede nevyčištěnou vodu do kanalizace;
- při selhání úpravy zajistí, že potřebu vyžadovanou od systému šedých vod nahradí záložní zásobování vodou;
- minimalizovat provozní opotřebení a spotřebu energie;
- aktivovat automaticky záložní systém, pokud to zařízení na úpravu vyžaduje.

Mimo řídicí jednotku může být v systému ještě zahrnuto zařízení ke sledování stavu. Ten by měl uživatele informovat [5]:

- o využitím množství upravené šedé vody;
- o stavu nádrží nebo cisteren (kolik vody se v nich nachází);
- o závadách.

## **2.11 TESTOVÁNÍ A UVEDENÍ DO PROVOZU**

Systém by měl být uveden do provozu v souladu s pokyny od výrobce. Potrubí z domovního systému odpadních vod by mělo být testováno za pomoci vzduchu, abychom zjistili, zda napojení ke sběrnému potrubí těsní a nebude docházet k žádnému úniku nebo neúmyslnému křížení s jinými potrubí. Rozvodné potrubí se propláchne a je testováno buď vzduchem, nebo barvivem pro zjištění, že potrubí je vodotěsné, a že nedochází nikde ke křížení s jiným potrubím. Rozvodné potrubí a tvarovky musí plnit požadavky BS 6700:2006 na nejméně jednoho a půl násobku maximálního provozního tlaku za normálních provozních podmínek.

Systém by měl být také vyzkoušen, zda je elektricky zabezpečen, a že nedojde k rušení elektrických zařízení nebo vedení v okolí v souladu s BS 7671:2008 Requirements for electrical installations [5].

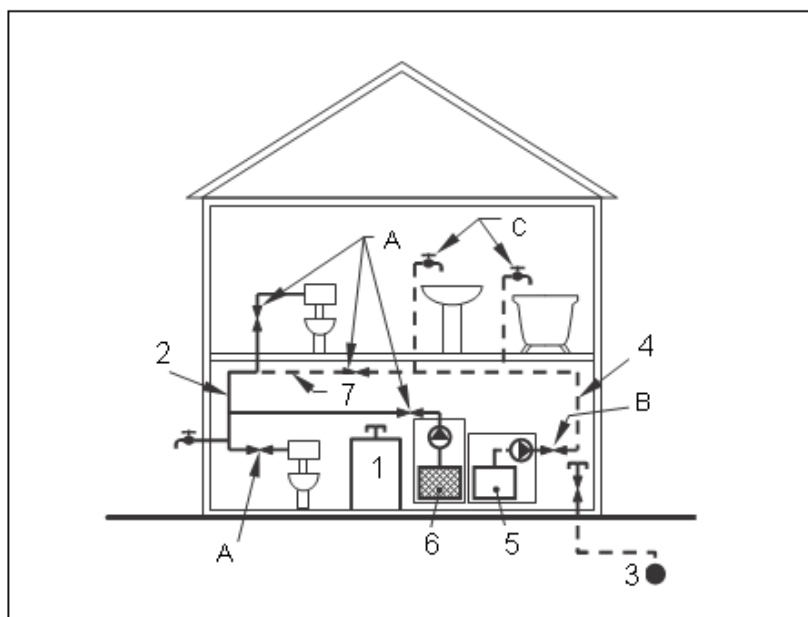
### **2.11.1 Testování barvivem pro distribuci v potrubí křížového napojení**

Toto testování by mělo být provedeno před konečným napojením k pitné vodě nebo záložního zdroje vody, a to takto [5]:

- jednotka sloužící k úpravě šedé vody a potrubí, které přivádí pitnou vodu nebo vodu ze záložního zdroje, musí být odpojena a uzavřena před začátkem testování. Testovací jednotky by měly být dočasně nainstalovány tak, jak je znázorněno na obrázku 2.3;
- všechny uzavírací ventily (A), jak na potrubí pro pitnou vodu, tak na potrubí přivádějící vodu ze záložního zdroje a na systému šedých vod, by měly být otevřeny. Uzavírací ventil (B) na pitnou vodu i na potrubí přivádějící vodu ze záložního zásobování, by mělo být uzavřeno;
- systém na úpravu šedých vod se naplní pitnou vodou s přidáním vhodného barviva;
- pokud z potrubí pitné vody nebo z potrubí ze záložního zdroje vytéká zbarvená voda, musí se najít příčina, kterou musíme odstranit.

Po ukončení testování musí být systém propláchnut, než bude plně uveden do provozu tak, aby byly odstraněny veškeré zbytky barviva [5].





**Obr. 2.3 Testování barvivem křížového napojení potrubí [5]**

Legenda k obr. 2.3:

- 1 ... jednotka na úpravu šedé vody
- 2 ... rozvodné potrubí šedé vody
- 3 ... pitná voda nebo záložní systém zásobování vodou
- 4 ... rozvod pitné nebo záložní vody
- 5 ... testovací jednotka s čerpadlem pro pitnou vodu, vyplněná čistou pitnou vodou
- 6 ... testovací jednotka s čerpadlem pro šedou vodu, vyplněná obarvenou čistou pitnou vodou
- 7 ... křížové napojení potrubí
- A ... uzavírací ventil
- B ... uzavírací ventil
- C ... body, které budou kontrolovány o křížovém napojení (tj. zbarvená voda)

### 3 PŘÍKLADY VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

V této kapitole bych chtěla uvést několik příkladů využití šedých vod. Získala jsem informace ke třem případům úpravy šedých vod a následnému rozvodu vod bílých. V ČR tuto technologii používá hotel Mosaic House v Praze. Jako další vzorový příklad bych chtěla uvést aplikaci této technologie v rodinném domě ve Francii a hotelu v Německu.

#### 3.1 HOTEL MOSAIC HOUSE V PRAZE

Hotel Mosaic House (obr. 3.1) se nachází nedaleko Karlova náměstí na Praze 2. Rekonstrukci tohoto hotelu prováděla developerská společnost IMPACT – CORTI a.s., která o tomto hotelu mluví ve smyslu slova „zelený“. Přívlastek „zelený“ pro tento hotel neznámá pouze v úspoře energie, plynu a vody, ale také v tom, že je funkční zeleň umístěna na střeše, v okolí budovy i v interiéru. Rekonstrukce probíhala od srpna 2007 do června 2010. Budova má nízkoenergetický standard, získal ohodnocení B+ [9].



Obr. 3.1 Hotel Mosaic House v Praze [9]

### 3.1.1 Popis hotelu

Tento hotel nabízí ubytování v celkem 94 pokojích. Z toho je 64 pokojů klasických (soukromých) ve čtyřhvězdičkovém standardu, kde 54 pokojů je dvoulůžkových a 10 pokojů je vybaveno vždy dvěma samostatnými lůžky, tzv. twin-bed rooms.

Zbýlých 30 pokojů je hostelového typu, kde si klient kupuje pouze postel. Zajímavostí je umístění klasických a hostelových pokojů. Hostelové pokoje jsou vloženy mezi klasické pokoje v luxusních křídlech v každém patře naproti centrálnímu schodišti. Není zvykem, že tyto dva druhy pokojů se nacházejí ve stejném podlaží [10].



Obr. 3.2 Pokoje v hotelu Mosaic House [11]

### 3.1.2 Pasivní úspora energie

Pasivní úspory zde bylo docíleno zateplením pláště budovy a výměnou původních oken za repliky s nadstandardně tepelně-technickými vlastnostmi [9]. Na těchto oknech jsou nainstalována čidla, která v letním období v závislosti na slunci zatemňují pokoje roletami, aby se vnitřní prostředí budovy nepřehřívalo. V pokojích jsou instalována ještě další čidla, která rozpoznávají, zda je pokoj obsazen či nikoliv a dle této informace regulují vytápění a zhasínají. V hotelu se využívá i princip rekuperace, což spočívá v předehřívání vzduchu a vody z odpadního tepla. V oddělených prostorách dochází k předávce tepla mezi ohřátým špinavým a čistým vzduchem [10].

Aktivní úspora energie v tomto hotelu spočívá v získávání energie z odpadního tepla technologických zařízení, které zajišťují chod hotelu (chlazení, vzduchotechnika) a využitím ze solárních panelů [9].

Za zmínku především stojí hospodaření s vodou. Na střeše hotelu jsou umístěny kolektory, které slouží k ohřívání užitkové vody [10].

### 3.1.3 Ekologická šedá voda

Recyklace odpadní (šedé) vody je jednou z významných technologií hotelu. Zbytečně není spotřebovávána pitná voda, kde to není nutné, např. na splachování WC nebo úklid. Je zde nainstalován dvojitý systém vodovodních a kanalizačních trubek, kde je šedá voda oddělována. Šedá voda je odváděna do speciálního zařízení, kde se filtruje a čistí. Poté je

tzv. bílá voda rozváděna dle potřeby na splachování WC a do úklidových komor, kde je následně odebírána na úklid [9].

### 3.1.4 Použitá technologie na úpravu šedých vod

V tomto hotelu bylo instalováno zařízení od německé společnosti HANSGROHE. Systém PONTOS AQUACYCLE zpracovává denně 7 m<sup>3</sup>.

Úprava šedých vod probíhá v několika krocích [12]:

1. Na přítoku šedé vody je instalován filtr na hrubé nečistoty (obr. 3.3). Tento filtr je nutné odkalovat, což se provádí jednou týdně.
2. Samotná úprava šedé vody je soustředěna do čtyř tanků (obr. 3.3) s molitanovou drtí. Teplota vody při vstupu do tanku je vyšší než 31 °C. První a druhý tank jsou tzv. spojené nádoby, ve kterých pracují bakterie. Používají se zde bakterie typu ESO HOME, což je koncentrovaný bioenzymatický přípravek, který je dodáván v 10 l balení. Těmito bakteriemi je voda čištěna. Dochází zde k určité době zdržení. Následně je voda čerpána do třetího a čtvrtého tanku. Ve čtvrtém tanku je již vyčištěná voda, která je rozváděna do hotelových toalet a úklidových místností. Do tanků je vháněn vzduch. Pokud by došlo k poruše v přívodu šedé vody, byl by systém doplňován pitnou vodou.



Obr. 3.3 Vlevo: Filtr na zachycení hrubých nečistot (modrá nádoba) a za ním se nacházejí tanky s molitanovou drtí. Vpravo: Molitanová drt' [12]



3. Před čerpáním vody do potrubí je nutné provést dezinfekci vody. V tomto případě se voda dezinfikuje pomocí UV záření (obr. 3.4).



Obr. 3.4 Dezinfekce UV zářením [12]

4. Na obrázku č. 3.5 jsou vidět čerpadla, která jsou zde instalována na dopravu vody z jednotlivých tanků.



Obr. 3.5 Čerpadla [12]

### 3.1.5 Shrnutí

Při použití této technologie ušetří hotel Mosaic House v Praze až 8 % spotřeby pitné vody, což představuje při provozu hotelu denně 6 – 8 m<sup>3</sup>. I přes použití moderních technologií zde byl kladen důraz na hospodárnost celého projektu. Všechny instalované prvky systému mají předpokládanou návratnost maximálně 17 let při současných cenách. Celý projekt včetně nákupu nemovitosti vyšel na 400 mil. Kč [9].

## 3.2 RODINNÝ DŮM VE FRANCII

Dům, ve kterém se konal experiment, má 6 místností, 2 koupelny, 2 toalety, v suterénu se nachází pračka a vana na praní. Voda se sbírá ze sprchy a umyvadel, po jejím ošetření se dále využívá na praní prádla a pro zavlažování zahrady. Zařízení na úpravu šedé vody má relativně velké rozměry a je zobrazeno na obrázku 3.6. Šedá voda se do tohoto zařízení dopravuje trubkami z PVC, dodatečně přiváděná pitná voda je prostřednictvím měděných trubek a výsledná upravená voda vychází z dalších měděných trubek, které jsou natřeny zelenou barvou a opatřeny nápisem „nepitná voda“ [13].



Obr. 3.6 Zařízení na úpravu šedé vody [13]

### 3.2.1 Postup procesu úpravy šedé vody

1. Zachycení hrubých nečistot (vlasů) na primárním filtru, který je konstruován tak, aby bylo umožněno jeho propláchnutí.
2. V první komoře dochází k ošetřování vody, je zde substrát, na kterém rostou mikroorganismy v aerobních podmínkách.
3. Druhá komora je též určená pro ošetřování vody. Plní stejnou úlohu jako komora první a tvoří druhý stupeň v procesu.
4. Na přítoku upravené vody do nádrže s již upravenou vodou je umístěna UV lampa.

### 3.2.2 Trubní systém v domě

Na obrázku 3.7 je zobrazeno, jak je možné napojit pitnou a recyklovanou vodu v domě. Jsou zde nainstalovány dvě vodovodní baterie, jedna je napojena na potrubí s pitnou vodou a ta druhá na potrubí s recyklovanou vodou. Potrubí, které přivádí recyklovanou (užitkovou) vodu je natřené zelenou barvou.



Obr. 3.7 Možnost napojení pitné a recyklované vody v domě [13]

### 3.2.3 Výsledky experimentu

#### *Rozbor vody*

Rozbor vody byl vykonávaný během prvního měsíce provozu každý týden, později pak jednou za měsíc. Jednotlivé výsledky rozboru vody jsou uvedeny v tabulkách. V první tabulce jsou uvedeny výsledky rozboru šedé vody a v druhé výsledky upravené vody. Šedá voda obsahuje enterokoky, koliformní organismy a pseudomony [13].

Tab. 3.1 Výsledky rozboru šedé vody [13]

	4.12.2006	11.12.2006	18.12.2006	8.1.2007	15.2.2007	1.3.2007
pH	7,4	-	7,7	7,7		
Teplota [°C]	14		13	15		
Zákal [NTU]	7,58	18	85,50	146		42,20
Koliformní bakterie [počet/100 ml]	1 900 000	> 100 000	3 600 000	370 000		114 000
Termotolerantní koliformní bakterie [počet/100 ml]	104 000	> 100 000	65 000	5 400		800
Enterokoky [počet/100 ml]	20					> 10
Pseudonoma Aeruginosa [počet/100 ml]					114	
Salmonela	Absence					

**Tab. 3.2 Výsledky rozboru upravené vody [13]**

	4.12.2006	11.12.2006	18.12.2006	8.1.2007	15.2.2007	1.3.2007
pH	7,8	7,2	7,4	7,8		
Teplota [°C]	16,2	14	12,5	14		
Zákal [NTU]	4,22	2,49	2,13	4,17		2,52
Koliformní bakterie [počet/100 ml]	<100	<100	0	0		0
Termotolerantní koliformní bakterie [počet/100 ml]	<100	0	0	0		0
Enterokoky [počet/100 ml]	< 2					0
Pseudonoma Aeruginosa [počet/100 ml]	6 200				-	100
Salmonela	Absence					Absence
Legionella [UFC/l]	< 500					< 500
Legionella Pneumophila [UFC/l]	< 500					< 500
Nitrogen Kjeldahl (NTK)[mg/l]	12					2
Fenoly [mg/l]	< 0,01					< 0,01
Ortofosforečnan (PO <sub>4</sub> ) [mg P/l]	< 2,5					2
Anionové detergenty [mg/l LAS]	< 0,1					< 0,1
Kationové detergenty [mg/l]	0,5					0,6 - 1,5
Neionové detergenty [mg/l]	0,4					0,1

### ***Použití vody***

Byly nainstalované dva vodoměry (obr. 3.8), jeden na přítoku dodatečné pitné vody a druhý na přítoku upravené vody. Porovnáním těchto vodoměrů získáme informaci o tom, jak často je pitná voda nevyhnutelná pro uspokojení objemových potřeb.

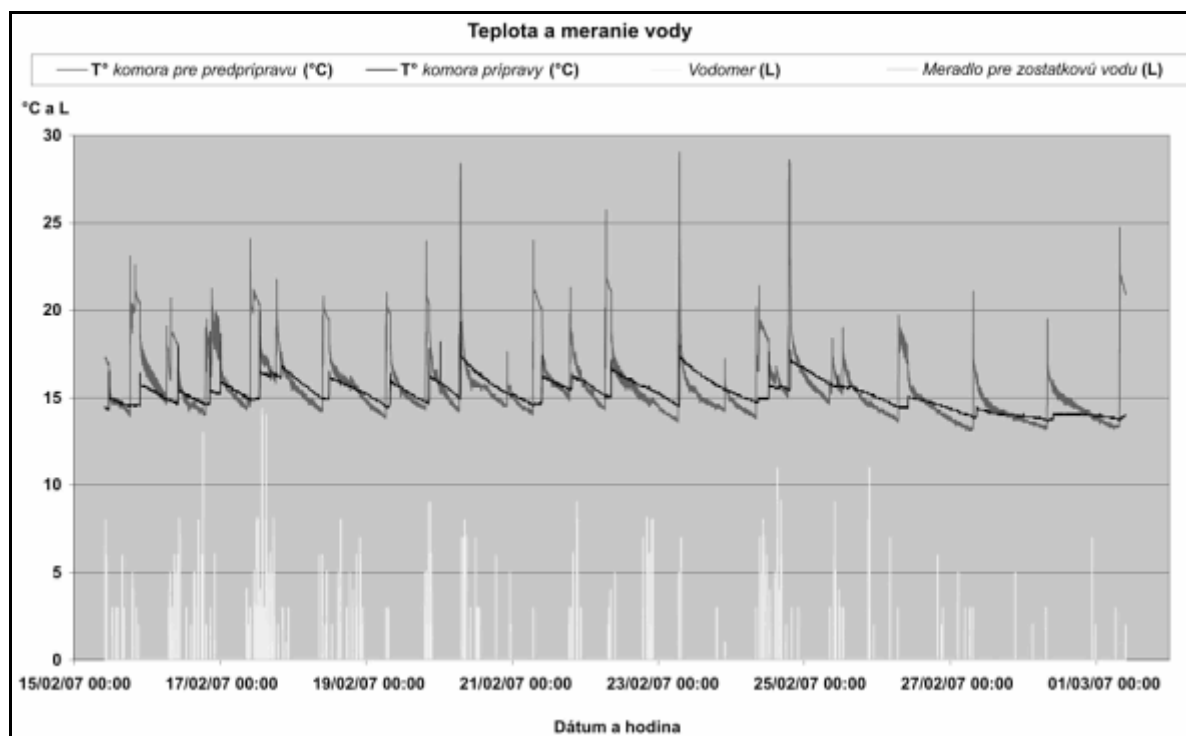




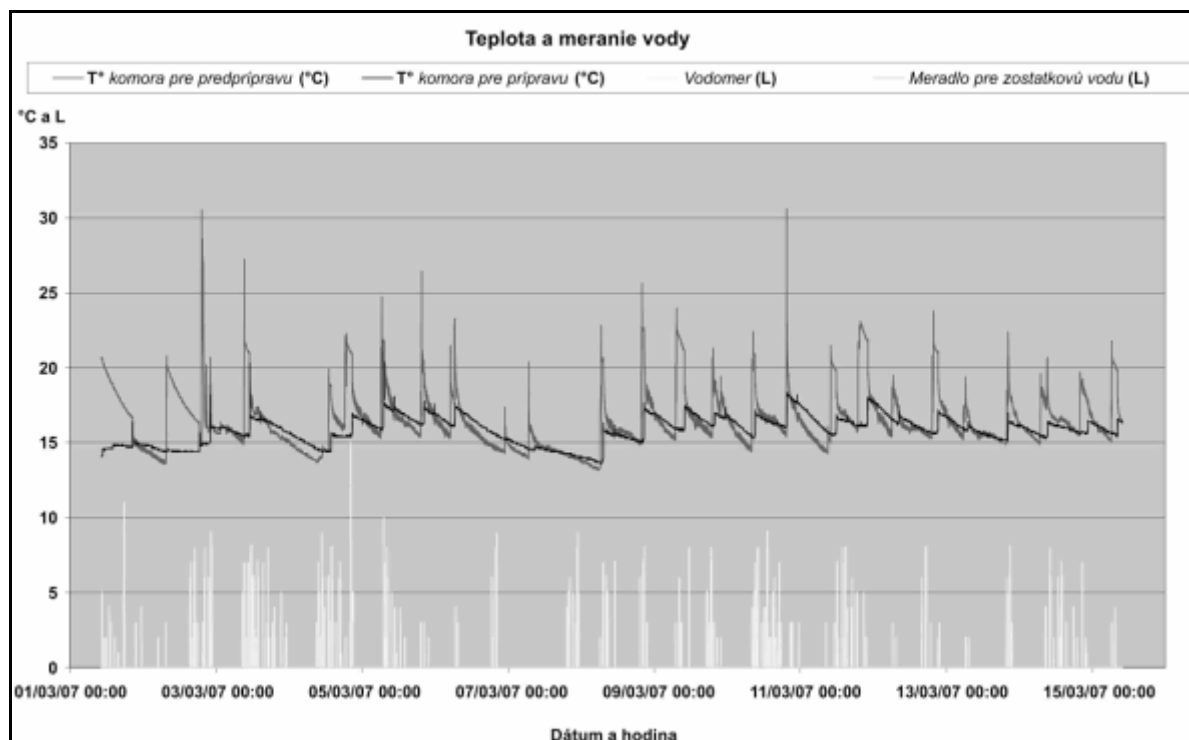
Obr. 3.8 Instalované vodoměry [13]

## Teplota

Měření teploty probíhalo během jednoho měsíce a výsledky byly zaznamenávány do grafů, které jsou znázorněny na obrázku 3.9 a 3.10. Na obrázku číslo 3.9 jsou uvedeny hodnoty teplot naměřené v období od 15. února 2007 do 1. března 2007 a na obrázku číslo 3.10 jsou hodnoty teplot od 1. března 2007 do 15. března 2007. V obou dvou komorách se teplota ustálila přibližně okolo 15 °C, což je teplota, která je velmi příznivá pro rozmnožování patogenních organismů a pro funkčnost procesu úpravy vody [13].



Obr. 3.9 Graf naměřených teplot (15.2. - 1.3.) [13]



Obr. 3.10 Graf naměřených teplot (1.3. - 15.3.) [13]

### *Shrnutí experimentu*

Tento experiment byl uskutečněn v rodinném domě ve Francii. Z výsledků analýz upravené vody lze usoudit, že upravená voda je vhodná pro použití v oblastech, kde je možno využít užitkové vody namísto pitné. Je také velmi důležité, aby se trubicí systém v domě přizpůsobil tak, aby nedocházelo ke kontaminaci pitné vody. Experiment bude dále pokračovat za účelem stability výkonu systému.

## **3.3 HOTEL „AM KURPARK“ V NĚMECKU**

Tento projekt byl společným projektem RWTH Aachen a Vojenské univerzity Mnichov. Účastnila se ho i inženýrská kancelář ECON, dodavatel potrubí HOBART a spolek hotelů DEHOGA.

Do tohoto projektu se zapojil hotel Am Kurpark, ve kterém se rekonstruovalo vodní hospodářství jen s mírným omezením provozu. Tento hotel byl postaven v roce 1981, jedná se o čtyřhvězdičkový hotel s 50 pokoji a 90 lůžky. Restaurace má kapacitu 100 míst a v hotelu pracuje 24 zaměstnanců.

Úpravou vod z van, sprch a umyvadel byla zde získána kvalitní hygienicky nezávadná užitková voda, která se kvalitou blíží k vodě pitné. V souladu s terminologií DWA byla tato voda nazvaná vodou bílou. Bílá voda je využívána ke splachování toalet, zalévání zeleně a praní [1].

### **3.3.1 Přípravné práce se sprchovými vodami**

Na ČOV v Euchenu byly provedeny před realizací ověřovací práce, pro ověření byly použity vody ze sprch přivedené separátním potrubím. Byly provedeny obvyklé analýzy k posouzení

vlastnosti vod, analýzy na nutriety a tenzidy, mikrobiologické analýzy, kde byly stanoveny *E. coli*, koliformní bakterie, enterokoky a celkové počty kolonií při 22 °C a 36 °C.

Látkové množství značně kolísalo, jen pH zůstávalo konstantní. Poměr CHSK:BSK<sub>5</sub> byl zjištěn 2,6:1, což je hodnota blíží se hodnotě klasickým komunálním vodám. Zjišťován byl i celkový dusík a fosfor. Hodnota celkového dusíku byla kolem 20 mg/l a celkový fosfor kolem 1,3 mg/l. Orientačním testem byla zjištěna koncentrace amoniaku, která dosahovala až 50 mg/l. Poměr živin C:N:P byl 26:13:1, tento poměr u vod z domácností je obvykle 20:4:1 [1].

**Tab. 3.3 Srovnání tabulkových hodnot a hodnot naměřených na ČOV v Euchenu [1]**

Parametr	Hodnota v literatuře		Vody z ČOV Euchen	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
pH	5	8,6	6,8	8,7
Vodivost [μS/cm]	82	22 000	186	532
Zákal [NTU]	20	370	24	81
BSK <sub>5</sub> [mg/l]	19	200	13	86
CHSK [mg/l]	64	8 000	39	180
N <sub>celk</sub> [mg/l]	0,6	46,4	2,3	97
P <sub>celk</sub> [mg/l]	0,1	2,2	0,2	6,8
CHSK (BSK <sub>5</sub> )	2	4	1,3	3,6
<i>E. coli</i> [počet/100 ml]	101	106	0	1 · 10 <sup>5</sup>
Koliformní bakterie[počet/100 ml]	101	109	4 · 10 <sup>3</sup>	2 · 10 <sup>8</sup>
Enterokoky [počet/100 ml]	-	-	4 · 10 <sup>1</sup>	4 · 10 <sup>4</sup>

Bylo zde vyzkoušeno několik typů zařízení v oblasti ultrafiltrace, jako klasická MBR s membránami, nanofiltrace a reverzní osmóza. Výsledky jednotlivých typů zařízení lze brát jako pozitivní. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u reverzní osmózy.

### 3.3.2 Spotřeba vody v hotelu Am Kurpark

Ke zjištění průměrných hodnot spotřeby vody bylo zvoleno období, kdy hotel byl obsazen hosty na 80 % a restaurace na 50 %. Zařízením na úpravu šedých vod došlo k ušetření 33 % pitné vody [1].

**Tab. 3.4 Bilance spotřeby pitné vody [1]**

Potřeba pitné vody	Specifická potřeba [l/(host·den)]	Spotřeba vody	
		Bez recyklace [l/den]	S recyklací [l/den]
Vany, sprchy, umyvadla	120	8 640	8 640
Splachování toalet (hosté)	40	2 880	-
Splachování toalet (restaurace)	30	1 500	-
Pračky	10	1 220	610
Myčky na nádobí	10	1 220	610
Kuchyně	6	732	732
Další použití	5	610	610
<b>Suma</b>	<b>221</b>	<b>16 802</b>	<b>11 202</b>

**Tab. 3.5 Bilance spotřeby bílé vody [1]**

Potřeba bílé vody	Specifická potřeba [l/(host·den)]	Spotřeba vody
		S recyklací [l/den]
Splachování toalet (hosté)	40	2 880
Splachování toalet (restaurace)	30	1 500
Pračky	5	610
Myčky na nádobí	5	610
<b>Suma</b>	<b>80</b>	<b>5 600</b>

### 3.3.3 Vodovodní síť v hotelu

Odpady z umyvadel a sprch bylo nutné přeložit a dále musely být udělány rozvody bílé vody. Tyto rozvody nebyly uloženy ve zdi, nýbrž v zemi, kde byla vyřezána drážka. Do země byly uloženy z důvodu vysokých nákladů na obklady. Odvětrání je napojeno na stávající odvětrání kanalizace [1].

Zařízení a parametry zařízení na úpravu šedých vod:

- MBR reaktor;
- zařízení pro UV desinfekci;
- síta s otvory 3 mm pro předčištění šedých vod;
- samotná biologie o objemu 1,4 m<sup>3</sup>;
- plocha membrán 28 m<sup>2</sup>;
- permeát je zachycován v zásobní nádrži o objemu 2,7 m<sup>3</sup>;
- do systému je přiváděna pitná voda v závislosti na hladině vody v zásobní nádrži;
- rozvod bílé vody je prostřednictvím tlakového potrubí.

### **3.3.4 Shrnutí**

Použití šedých vod v restauracích a hotelích je technicky možné. Zde byla provedena dodatečná instalace systému na úpravu šedých vod již ve stávajícím objektu s minimálním omezením provozu, což vedlo k řadě kompromisů. Je výhodnější provádět tuto instalaci již při výstavbě objektu.

## 4 LÁZNĚ MĚSTA BRNA – AREÁL RAŠÍNOVA

Pro praktickou část mé diplomové práce mi nabídli spolupráci Lázně města Brna, p.o. Tato příspěvková organizace provozuje ve svém areálu v Brně, ulici Rašínova 12 krytý bazén a lázeňské procedury.



Obr. 4.1 Lázně města Brna - areál Rašínova [14]

Návrh systému na úpravu šedých vod bude jen na část areálu Rašínova. Objekt je soustředěn do dvou budov. V budově, ve které bude navržen systém na úpravu šedých vod, se nachází krytý bazén a posilovna, která je nyní teprve ve výstavbě.

### 4.1 POPIS ŘEŠENÉ ČÁSTI AREÁLU RAŠÍNOVA

Návrh systému bude probíhat ve dvou podzemních a dvou nadzemních podlažích.

#### 4.1.1 2. podzemní podlaží

Do tohoto podlaží budou svedeny veškeré uvažované šedé vody a bude zde umístěna jednotka na úpravu těchto vod. V tomto podlaží je umístěna veškerá technologie pro správný chod areálu. Na obr. 4.2 je znázorněno uvažované místo pro umístění jednotky na úpravu šedých vod.



**Obr. 4.2** Uvažované místo pro umístění jednotky na úpravu šedých vod

Ve druhém podzemním podlaží je umístěna i technologie na úpravu bazénové vody. Pro úpravu bazénové vody jsou zde dva filtry, které jsou zobrazeny na obr. 4.3.



**Obr. 4.3** Filtry na úpravu bazénové vody

Je zde dávkován koagulant značky BIOFLOK a na úpravu pH ve vodě používají kyselinu sírovou ( $H_2SO_4$ ). Před vpuštěním vody do bazénu je nutné nadávkovat dezinfekci. Jako dezinfekci vody zde používají plynný chlór, který je umístěn v samostatné místnosti, tzv. chlorovně (obr. 4.4).



Obr. 4.4 Chlorovna

#### 4.1.2 1. podzemní podlaží

V prvním podzemním podlaží se nachází plavecký bazén, bazén s vířivkou, menší wellness centrum a sociální zařízení. Bazén (obr. 4.5) je oválného tvaru a je vhodný i pro neplavce. V dopoledních hodinách je využíván převážně k výuce plavání žáků základních škol. V odpoledních hodinách je využíván širokou veřejností a večer zde probíhají cvičení ve vodě „Stop obezitě“ a aquaaerobik.





**Obr. 4.5 Plavecký bazén**

V průběhu roku 2010 zde došlo k rozšíření služeb o wellness centrum (obr. 4.6), ve kterém se nachází parní lázeň, horkovzdušná sauna, Kneipuv chodník, ochlazovací vědro, masážní sprcha, ledová studna, sprcha očištná a ochlazovací, odpočívárna [14].



**Obr. 4.6 Wellness centrum [14]**

### 4.1.3 1. nadzemní podlaží

V prvním nadzemním podlaží se nacházejí šatny, do kterých se vstupuje z galerie. Z galerie je možné pozorovat dění v bazénu. Pohled na toto podlaží je na obrázku 4.7.



Obr. 4.7 Pohled na 1. NP a 1. PP

### 4.1.4 2. nadzemní podlaží

V tomto podlaží v tuto dobu probíhá výstavba posilovny. Tato posilovna bude zaměřena na zdravotní cvičení, ale budou zde i klasické posilovací stroje. Součástí posilovny bude samozřejmě i sociální zařízení, se kterým bude uvažováno v návrhu systému na úpravu šedých vod.

## 4.2 NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT ŘEŠENÍ

Navrhla jsem tři možné varianty sběru šedých vod ze sprch a umyvadel a následné rozvedení již vyčištěných tzv. vod bílých na WC a pisoáry. Specifické potřeby byly odhadnuty na základě dlouholetých zkušeností pana Ing. Berky z Městských lázní Brno – areál Rašínova (tab. 4.1).

Tab. 4.1 Specifická potřeba vody v jednotlivých zařizovacích předmětech

Zařízení	$q_{\text{sběr}}$ [l/zařízení/den]	Zařízení	$q_{\text{dod}}$ [l/zařízení/den]
Umyvadla	143	WC	688
Sprchy	893	Pisoáry	675

### 4.2.1 Varianta I

V této variantě jsem uvažovala, že se voda bude odvádět ze všech řešených podlaží, a to z 1. PP, kde se nachází plavecký bazén, parní a finská sauna. V tomto podlaží je sedm sprch, tři umyvadla, tři toalety a dva pisoáry. V následujícím patře (1. NP) se nacházejí šatny pro návštěvníky areálu. V šatnách již není žádný zařizovací předmět. Je zde místnost s toaletou, kde je i umyvadlo a další umyvadlo se nachází ve volném prostranství v podlaží. Ve 2. NP bude nově vybudovaná posilovna a pro následný výpočet uvažuji pouze dvě sprchy, tři umyvadla, jednu toaletu a dva pisoáry. Dodávka bílých vod u této varianty by byla do všech těchto podlaží.

V následujících dvou tabulkách (tab. 4.2 a tab. 4.3) je uvedeno předpokládané množství odváděných šedých vod k úpravě a předpokládané množství vody dodávané. Schéma této varianty je zobrazeno na obrázku 4.8. Voda ve všech variantách je akumulována a upravována ve 2. PP.

Tab. 4.2 Sběr šedých vod (varianta I)

Zařízení	Počet [ks]	$q_{\text{sběr}} [\text{l/zařízení/den}]$	$q_{\text{sběr}} [\text{l//den}]$
Umyvadla	8	143	1144
Sprchy	9	893	8037
<b>Celkem</b>			<b>9181</b>

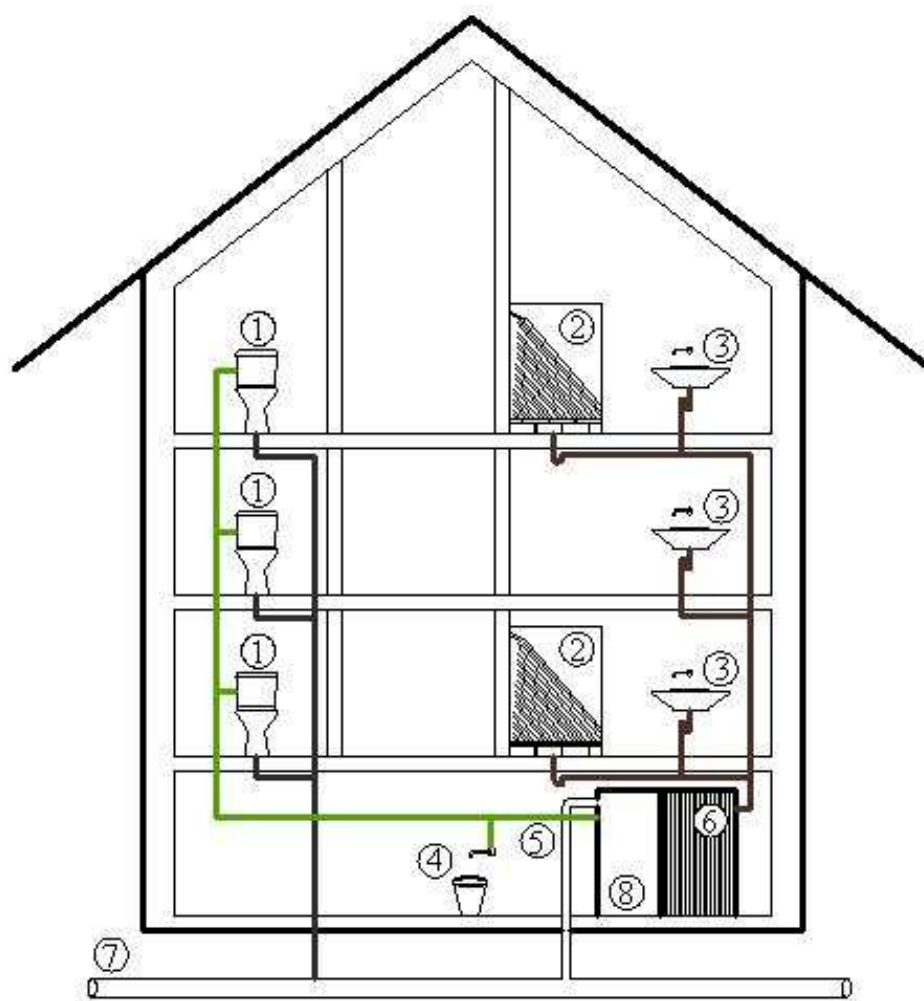
Tab. 4.3 Dodávka bílé vody (varianta I)

Zařízení	Počet [ks]	$q_{\text{dod}} [\text{l/zařízení/den}]$	$q_{\text{dod}} [\text{l//den}]$
WC	6	688	4128
Pisoáry	4	675	2700
<b>Celkem</b>			<b>6828</b>

Bilanční rovnice

$$q_{\text{sběr}} - q_{\text{dod}} = 9181 - 6828 = \underline{2353 \text{ l/den}} \quad (4.1)$$

U této varianty vychází výrazný přebytek sběrných šedých vod nad vodou dodávanou, proto jsem navrhla variantu II.



## LEGENDA

- ODTOK ŠEDÝCH VOD
- PŘÍTOK VYČISTĚNÉ VODY
- ODTOK DO KANALIZACE

- ① WC/PISOÁR
- ② SPRCHA
- ③ UMYVADLO
- ④ ODBĚR BÍLÉ VODY
- ⑤ BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO KANALIZACE
- ⑥ ČISTÍCÍ JEDNOTKA
- ⑦ KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKA
- ⑧ AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Obr. 4.8 Schéma recyklace vody v budově – varianta I

## 4.2.2 Varianta II

Druhá varianta se od první liší tím, že sběr i dodávka vody probíhá pouze v 1. PP a 1. NP. Je zde vynecháno 2. NP. V těchto dvou podlažích se nachází celkem pět umyvadel, sedm sprch, pět toalet a dva pisoáry. V tabulce 4.4 uvádím předpokládané množství odváděných šedých vod k úpravě a v tabulce 4.5 předpokládané množství vody dodávané. Schéma nakládání s vodami k této variantě je na obrázku 4.9.

Tab. 4.4 Sběr šedých vod (varianta II)

Zařízení	Počet [ks]	$q_{\text{sběr}} [\text{l/zařízení/den}]$	$q_{\text{sběr}} [\text{l//den}]$
Umyvadla	5	143	715
Sprchy	7	893	6251
<b>Celkem</b>			<b>6966</b>

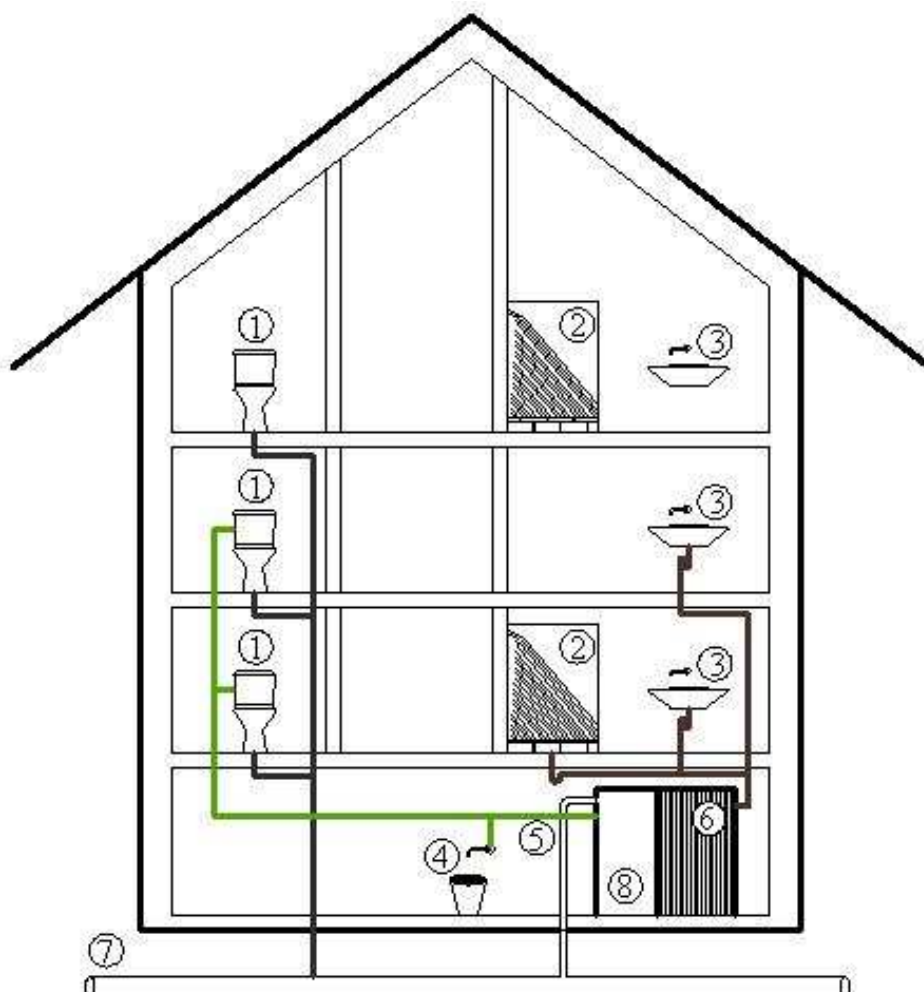
Tab. 4.5 Dodávka bílé vody (varianta II)

Zařízení	Počet ks	$q_{\text{dod}} [\text{l/zařízení/den}]$	$q_{\text{dod}} [\text{l//den}]$
WC	5	688	3440
Pisoáry	2	675	1350
<b>Celkem</b>			<b>4790</b>

Bilanční rovnice

$$q_{\text{sběr}} - q_{\text{dod}} = 6966 - 4790 = \underline{2176 \text{ l/den}} \quad (4.2)$$

Druhá varianta z hlediska přebytku vod je opět nevyhovující, navrhuji dále variantu III.



## LEGENDA

- ODTOK ŠEDÝCH VOD  
— PŘÍTOK VYČISTĚNÉ VODY  
— ODTOK DO KANALIZACE

- ① WC/PISOÁR  
② SPRCHA  
③ UMYVADLO  
④ ODBĚR BÍLÉ VODY  
⑤ BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO KANALIZACE  
⑥ ČISTÍCÍ JEDNOTKA  
⑦ KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKA  
⑧ AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Obr. 4.9 Schéma recyklace vody v budově – varianta II

### 4.2.3 Varianta III

Třetí, tedy poslední varianta se od té druhé liší tím, že je navíc voda dodávána i do 2. NP, kde je nyní ve výstavbě posilovna. Sběr šedé vody zde zůstává stejný jako u předešlé varianty. Což znamená, že šedé vody jsou odebírány celkem z pěti umyvadel a sedmi sprch a následně bílá voda je dodávána do šesti toalet a čtyř pisoárů. Předpokládané množství odváděných šedých vod k úpravě je v tabulce 4.6 a předpokládané množství vody dodávané v tabulce 4.7. Na obrázku 4.10 je uvedeno schéma nakládání s vodami k poslední variantě.

Tab. 4.6 Sběr šedých vod (varianta III)

Zařízení	Počet [ks]	$q_{\text{sběr}} [\text{l/zařízení/den}]$	$q_{\text{sběr}} [\text{l//den}]$
Umyvadla	5	143	715
Sprchy	7	893	6251
<b>Celkem</b>			<b>6966</b>

Tab. 4.7 Dodávka bílé vody (varianta III)

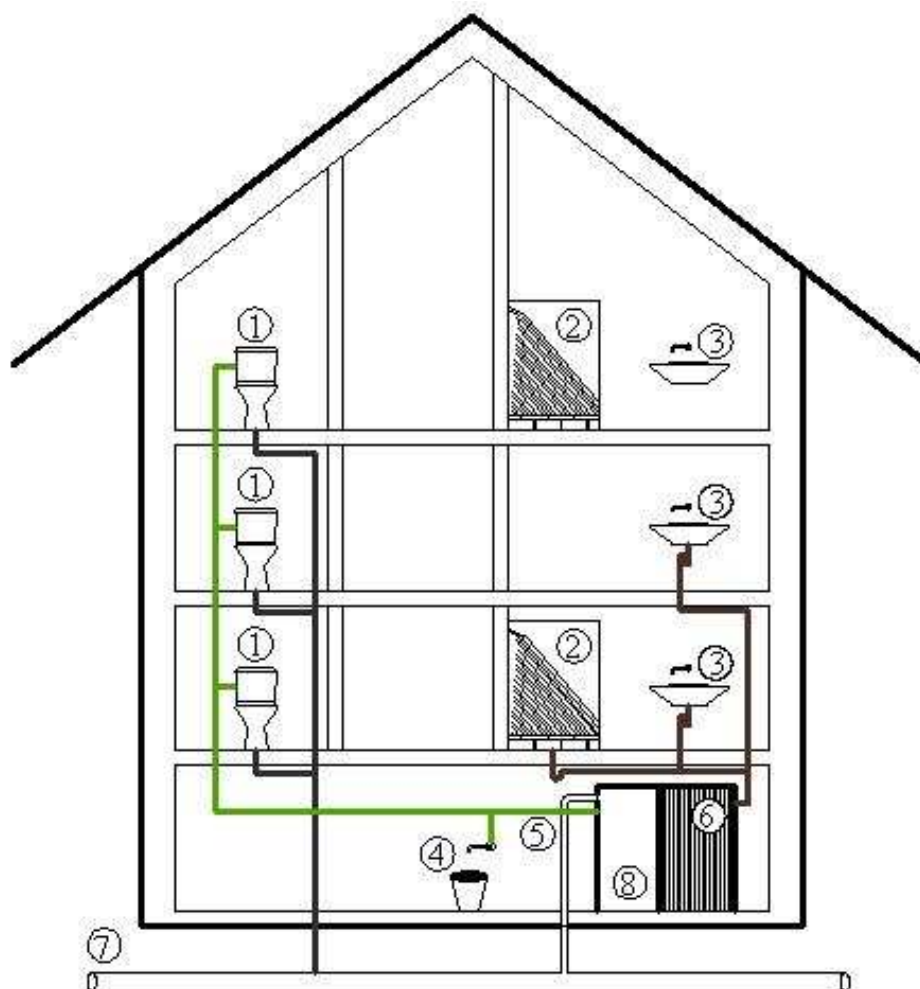
Zařízení	Počet [ks]	$q_{\text{dod}} [\text{l/zařízení/den}]$	$q_{\text{dod}} [\text{l//den}]$
WC	6	688	4128
Pisoáry	4	675	2700
<b>Celkem</b>			<b>6828</b>

Bilanční rovnice

$$q_{\text{sběr}} - q_{\text{dod}} = 6966 - 6828 = \underline{138 \text{ l/den}} \quad (4.3)$$

V této variantě vychází, že přebytek sběrných šedých vod nad vodou dodávanou by měl být 138 l/den. Z hlediska množství vody je tato varianta nejvýhodnější. Návrh systému na úpravu šedých vod bude stanoven na tuto variantu. Nové rozvody vnitřní kanalizace a vnitřního vodovodu jsem zakreslila do půdorysů, které jsem obdržela v Lázních města Brna (areál Rašínova). Tyto půdorysy jsou přílohami této práce (viz příloha č. 3, 4, 5, 6).





## LEGENDA

- ODTOK ŠEDÝCH VOD
- PŘÍTOK VYČISTĚNÉ VODY
- ODTOK DO KANALIZACE
- ① WC/PISOÁR
- ② SPRCHA
- ③ UMYVADLO
- ④ ODBĚR BÍLÉ VODY
- ⑤ BEZPEČNOSTNÍ PŘEPAD DO KANALIZACE
- ⑥ ČISTÍCÍ JEDNOTKA
- ⑦ KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKA
- ⑧ AKUMULAČNÍ NÁDRŽ

Obr. 4.10 Schéma recyklace vody v budově – varianta III



## 4.3 ROZBOR ŠEDÉ VODY

V objektu Lázní města Brna na Rašínové 12 byl odebrán vzorek šedé vody, který byl následně odnesen na rozbor do Zdravotního ústavu se sídlem v Brně. Šedá voda byla odebrána do dvou nádob. Jednu nádobu jsem obdržela přímo ve Zdravotním ústavu a voda z této nádoby sloužila pro mikrobiologický rozbor. Šedá voda odebraná do druhé nádoby byla pro chemický rozbor. Pro tento rozbor již nebyla nutná speciální nádoba, postačila 1,5 l plastová láhev od neochucené vody. V následujícím textu popíši, co se v daných rozborech sledovalo za parametry. Kopie výsledného protokolu ze Zdravotního ústavu se sídlem v Brně je přílohou k této práci (viz příloha č. 1).

### 4.3.1 Chemický rozbor

V chemickém rozboru byly zkoumány následující parametry:

- amoniakální dusík;
- BSK<sub>5</sub>;
- CHSK<sub>Cr</sub>;
- celkový dusík;
- celkový fosfor;
- nerozpuštěné látky;
- pH;
- tenzidy anionaktivní;
- zákal.

#### *Amoniakální dusík*

Amoniakální dusík se ve vodě nachází v hydratovaném stavu –  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  nebo ve formě kationtu  $\text{NH}_4^+$ . Zastoupení těchto dvou forem amoniakálního dusíku závisí na pH vody. Při  $\text{pH} < 8$  se voda nachází ve formě  $\text{NH}_4^+$ , pokud je  $\text{pH} = 9,3$  a teplota vody  $20^\circ\text{C}$  jsou obě formy amoniakálního dusíku v poměru 1:1. Pokud je  $\text{pH} > 10$ , pak v podobě nedisociovaného toxického hydrátu  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  [15].

#### *BSK<sub>5</sub>*

BSK je biochemická spotřeba kyslíku, která je definovaná jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během průběhu biochemické oxidace organických látek. Je nepřímým ukazatelem množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě. Nejběžnější metodou je stanovení BSK<sub>5</sub>, kde se stanovuje biochemická spotřeba kyslíku zředovací metodou během pěti dnů za aerobních podmínek a teplotě  $20^\circ\text{C}$  [16].

#### *CHSK<sub>Cr</sub>*

CHSK<sub>Cr</sub>, tato zkratka vyjadřuje chemickou spotřebu kyslíku a slouží pro zjištění znečištění ve vodě. Pro stanovení množství CHSK<sub>Cr</sub> ve vodě se používá nejčastěji dichroman draselný, ale

Ize použít i manganistan draselný. Vyšetření tohoto parametru je časově méně náročné než určení BSK<sub>5</sub> [17].

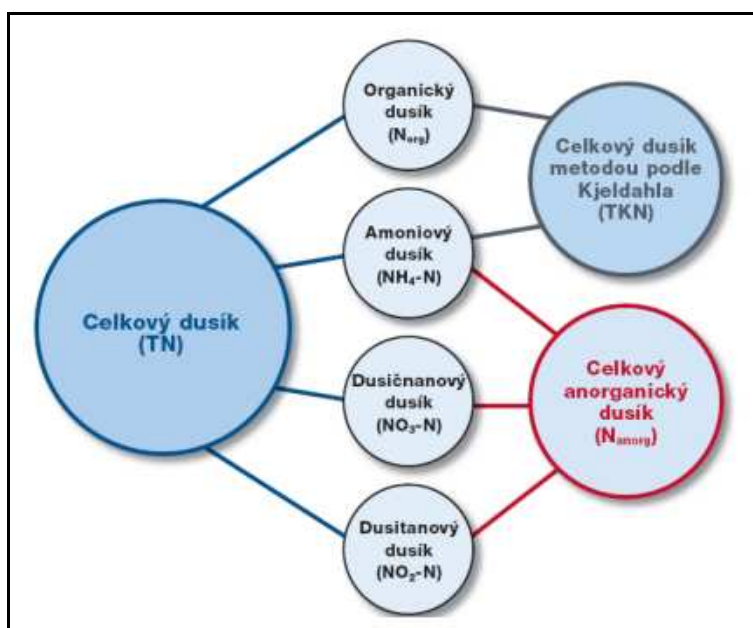
### ***Celkový dusík***

Celkový dusík je složen z anorganické a organické formy vázaného dusíku. Do skupiny anorganické formy vázaného dusíku patří např. [15]:

- amoniak  $\text{NH}_3$ ;
- kation amonný  $\text{NH}_4^+$ ;
- dusičnany  $\text{NO}_3^-$ ;
- oxid dusičitý  $\text{NO}_2^-$ ;
- kyanidový ion  $\text{CN}^-$ .

Do skupiny organické formy vázaného dusíku řadíme např. [15]:

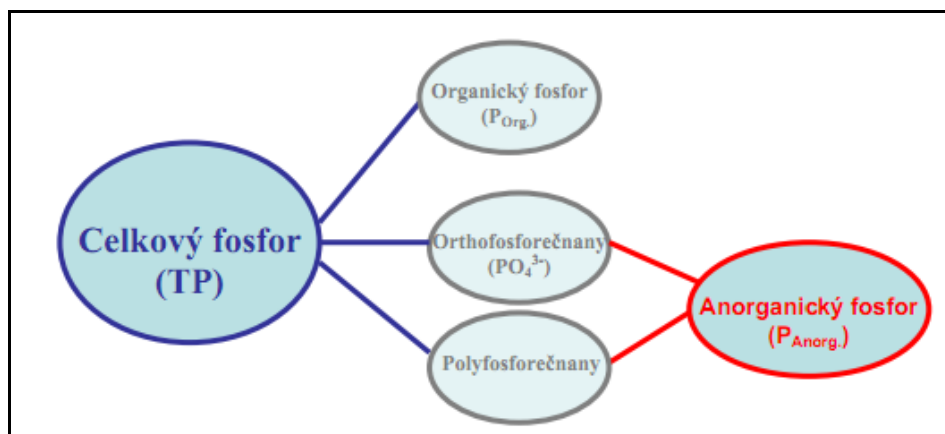
- močovinu;
- aminokyseliny;
- nukleové kyseliny;
- aminy.



Obr. 4.11 Schéma nejčastěji stanovovaných forem dusíku [15]

### ***Celkový fosfor***

Celkový fosfor se skládá z anorganických orthofosforečnanů, polyfosforečnanů a organicky vázaného fosforu. Fosfor se do vody dostává z pracích a čistících prostředků [18].



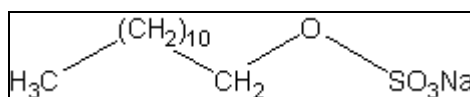
Obr. 4.12 Schéma nejčastěji stanovovaných forem fosforu [18]

## *pH*

Vodíkový exponent, nebo-li pH vyjadřuje, zda vodný roztok reaguje kyselé nebo zásaditě (alkalicky). Je dáno logaritmickou stupnicí v rozsahu hodnot 0 – 14. Neutrální voda má  $\text{pH} = 7$ , kyseliny mají  $\text{pH} < 7$  a platí, že čím menší číslo, tím silnější kyselina. Zásady mají  $\text{pH} > 7$  a zde naopak platí, že čím větší číslo, tím silnější zásada [19].

## *Tenzidy anionaktivní*

Anionaktivní tenzidy jsou nejpoužívanějšími tenzidy. Mezi tyto tenzidy patří i mýdla. Disociují ve vodě za vzniku iontů – kationů (obvykle alkalických kovů) bez pracího účinku a anionů, jejichž molekuly obsahují hydrofobní a hydrofilní části. Z této skupiny tenzidů jsou nejvíce používány sloučeniny solné a draselné soli alkylbenzensulfonových kyselin, což jsou saponáty, alkoholsulfátů a alkoholethoxysulfátů. Jako příklad anionaktivních tenzidů lze uvést dodecylsulfát sodný [20].



Obr. 4.13 Dodecylsulfát sodný [20]

## Výsledky chemického rozboru

V tabulce 4.8 jsou uvedeny výsledky chemického rozboru, který byl proveden Zdravotním ústavem se sídlem v Brně.

Tab. 4.8 Výsledky zkoušení chemického rozboru

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Typ	Nejistota
Amoniakální dusík	0,8	mg/l	A	± 10 %
BSK <sub>5</sub>	12	mg/l	A	± 10 %
CHSK <sub>Cr</sub>	30	mg/l	A	± 8 %
Dusík celkový	9	mg/l	A	-
Fosfor celkový	1	mg/l	A	± 8 %
NL	11	mg/l	A	± 11 %
pH	7,37		A	± 4 %
Tenzidy anionaktivní	0,45	mg/l	A	± 12 %
Zákal	0,7	ZF (t)	A	± 8 %

Typ A znamená, že byla provedena akreditovaná zkouška.

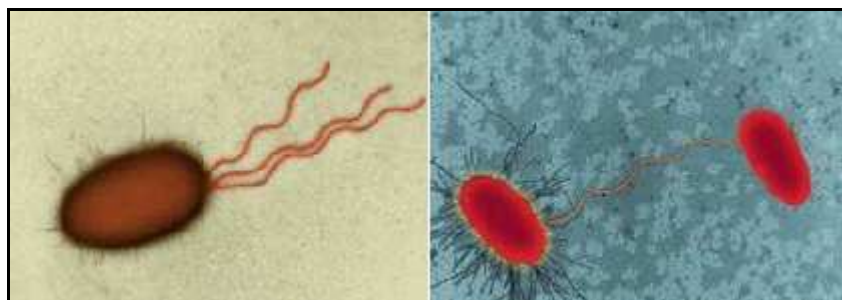
### 4.3.2 Mikrobiologický rozbor

V mikrobiologickém rozboru byly stanoveny následující ukazatele:

- *Escherichia coli*;
- enterokoky;
- koliformní bakterie;
- *Pseudomonas aeruginosa*.

#### *Escherichia coli*

*Escherichia coli* se do vody dostává prostřednictvím fekálního znečištění a může zde přežít až několik týdnů. Používá se jako nejběžnější indikátor fekálního znečištění ve vodě. Jsou to gramnegativní tyčky se zaoblenými konci, které jsou dlouhé 2 – 3 µm a 0,6 µm široké. Někdy mohou být krátké tzv. kokobacilární. Na jejich povrchu se vyskytují různé typy fimbrií, jeden jejich typ se nachází na povrchu bakteriální buňky, které umožňují adhezi na hostitelskou buňku. Jiným typem jsou sex – pili, které se vyskytují v menším počtu a umožňují vazbu mezi donorem (samčí buňkou) a recipientem (samičí buňkou - příjemcem) při konjugaci (rozmnožování), které je zobrazeno na obr. 4.14 [21].



Obr. 4.14 Escherichia coli [21]

### ***Enterokoky***

Enterokoky jsou tzv. gram pozitivní koky, které se vyskytují ve dvojicích nebo krátkých řetězcích. Kultivačně jsou tyto bakterie nenáročné. Enterokoky jsou fakultativně anaerobní a odolné vůči vysokému pH. Přežijí i půlhodinové zahřátí na teplotu 60 °C. Řadí se do skupiny závažných podmíněných patogenů [22].

### ***Koliformní bakterie***

Koliformní bakterie slouží jako indikátor obecného bakteriálního znečištění. Dříve byly tyto bakterie považovány za indikátor fekálního znečištění. Později bylo zjištěno, že koliformní bakterie běžně žijí a množí se ve vnějším prostředí [23].

### ***Pseudomonas aeruginosa***

*Pseudomonas aeruginosa* je gram – negativní, pohyblivá, aerobní tyčka, která se vyskytuje o velikosti 1 x 3 mm. Obsahuje polární bičíky a jejich povrch může být pokryt hlenovou substancí. Jsou to nenáročné bakterie, kterým nevadí velký teplotní rozdíl (10 – 42 °C), optimální teplotou je pro ně 35 °C [24].

### ***Výsledky mikrobiologického rozboru***

V tabulce 4.9 jsou uvedeny výsledky mikrobiologického rozboru, který stanovili ve Zdravotním ústavě se sídlem v Brně.

Tab. 4.9 Výsledky zkoušení mikrobiologického rozboru

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Typ	Nejistota
Escherichia coli	0	KTJ/ml	A	-
Enterokoky	0	KTJ/ml	A	-
Koliformní bakterie	35	KTJ/100 ml	A	37 %
Pseudomonas aeruginosa	0	KTJ/100 ml	A	-

Typ A znamená, že byla provedena akreditovaná zkouška.

### 4.3.3 Zhodnocení rozboru šedé vody

V současné době v České republice neexistuje žádná platná norma ani předpisy, které by určovaly kvalitu šedé vody vhodné pro recyklaci. Pro alespoň částečné zhodnocení kvality šedé vody jsem použila britskou normu BS 8525 – 1:2010, které je zobrazeno v tabulce 4.10 [5].

**Tab. 4.10 Zhodnocení kvality šedé vody s BS 8525 – 1:2010**

Parametr	BS 8525 - 1:2010 Splachování WC	Rašínova 12
Escherichia coli [KTJ/ml]	2,5	0
Enterokoky [KTJ/ml]	1,0	0
Koliformní bakterie [KTJ/100 ml]	1000	35
pH	5 - 9,5	7,37

Toto částečné zhodnocení ukazuje, že dle britské normy BS 8525 – 1:2010 jsou parametry v uvažovaném objektu v rozmezí povoleného limitu. Šedá voda je nízkozatížená s kvalitou blízkou se pitné vodě. Pro přehled uvádím v tabulce 4.11 srovnání zkoumaných parametrů s vyhláškou pro pitnou vodu č. 252/2004 Sb [25].

**Tab. 4.11 Zhodnocení kvality šedé vody dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.**

Parametr	Vyhláška č. 252/2004 Sb.	Rašínova 12
Escherichia coli [KTJ/ml]	0	0
Enterokoky [KTJ/ml]	0	0
Koliformní bakterie [KTJ/100 ml]	0	35
pH	6,5 - 9,5	7,37
Zákal [ZF]	5	0,7

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že se šedá voda svou kvalitou blíží vodě pitné. Ze zjišťovaných parametrů byl pouze překročen limit u koliformních bakterií.

## 4.4 NÁVRH DIMENZE POTRUBÍ VNITŘNÍ KANALIZACE

Pro návrh jmenovité světlosti potrubí byla použita norma ČSN EN 12056-2 (ČSN 75 6760) Vnitřní kanalizace – gravitační systémy – část 2: odvádění splaškových odpadních vod – navrhování a výpočet [26].

Celkový průtok splaškových vod se stanoví ze vztahu:

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p \quad [l/s] \quad (4.4)$$

$Q_{ww}$  ... průtok splaškových vod [l/s]

$Q_c$  ... trvalý průtok (trvajícím déle než 5 min) [l/s],  $Q_c = 0$

$Q_p$  ... čerpaný průtok (trvajícím déle než 5 min) [l/s],  $Q_p = 0$

Průtok šedých vod z umyvadel a sprch se stanoví dle vztahu:

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\Sigma DU} \text{ [l/s]} \quad (4.5)$$

K ... součinitel odtoku, uvažovala jsem hodnotu  $K = 0,7 \text{ l}^{0,5}/\text{s}^{0,5}$

$\Sigma DU$  ... součet výpočtových odtoků [l/s]

**Tab. 4.12 Výpočet celkového průtoku šedých vod [26]**

Zařizovací předmět	DU [l/s]	Počet zařizovacích předmětů [ks]	Jmenovitá světlost připojovacího potrubí od jednoho zařizovacího předmětu DN [mm]
Umyvadlo	0,5	5	40
Sprcha s podlahovou vpustí	0,6	7	50

$$Q_{ww} = 1,812 \text{ l/s}$$

Pro sběr šedých vod budou sloužit čtyři odpadní potrubí (stoupačky), ve výkresech označeny jako K1, K2, K3 a K4. Odpadní potrubí K1 a K2 jsem navrhla v souladu s normou ČSN EN 12056-2 (ČSN 75 6760) Vnitřní kanalizace – gravitační systémy – část 2: odvádění splaškových odpadních vod – navrhování a výpočet [26], K3 a K4 jsou stávající odpadní potrubí, které budou v návrhu využity. Kanalizační potrubí bude provedeno z polypropylenu HT systém.

#### 4.4.1 Dimenzování potrubí k jednotlivým zařizovacím předmětům

Jmenovitou světlost potrubí jsem stanovila dle tab. 4.13, kterou jsem převzala z normy ČSN EN 12056-2 (ČSN 75 6760) [26].

**Tab. 4.13 Jmenovité světlosti potrubí PP HT [26]**

Hydraulická kapacita $Q_{\max}$ [l/s]	Jmenovitá světlost DN [mm]	Jmenovitá světlost pro plastová potrubí [mm]
0,50	40	40
0,80	50	50
1,50	70	75
2,25	90	110

Dle normy ČSN EN 12056-2 (ČSN 75 6760) Vnitřní kanalizace – gravitační systémy – část 2: odvádění splaškových odpadních vod – navrhování a výpočet se vnitřní kanalizace dělí na tyto části [26]:

- odpadní potrubí, která jsou většinou svislá, odvádí odpadní vody do svodných potrubí;
- svodná potrubí vedená pod podlahou v zemi nebo pod stropem nejnižšího podlaží budovy a odvádějící odpadní vody od odpadních nebo připojovacích potrubí;
- připojovací potrubí nacházející se mezi zařizovacím předmětem a splaškovým odpadním nebo svodným potrubím.

## ***Postup výpočtu***

Pro každý zařizovací předmět (umyvadlo) jsem v normě našla hodnotu výpočtového odtoku DU [l/s]. Poté jsem začala postupně dosazovat hodnoty do vzorce (4.5). Sumu výpočtového odtoku jsem stanovovala podle toho, kolik zařizovacích předmětů bylo napojeno na danou přípojovací větev.

### ***K odpadnímu potrubí K1 (z 1. NP)***

- 1 umyvadlo ... Ø 40 mm

### ***K odpadnímu potrubí K2 (z 1. NP)***

- 1 umyvadlo ... Ø 40 mm

### ***Ke stávajícímu odpadnímu potrubí K3 (z 1. PP)***

K této stoupačce je sváděna šedá voda z pánského sociálního zařízení, ve kterém se nacházejí tři sprchy a jedno umyvadlo.

### ***Ke stávajícímu odpadnímu potrubí K4 (z 1. PP)***

Odpadním potrubím K4 je odváděna šedá voda z dámského sociálního zařízení, které spočívá ve čtyřech sprchách a jednoho umyvadla. Touto stoupačkou je dále ještě odváděna šedá voda z jednoho umyvadla, které se nachází ve wellness centru.

## **4.4.2 Dimenzování jednotlivých odpadních potrubí (stoupaček)**

Dimenze odpadního potrubí K1 a K2 probíhalo stejným způsobem jako u dimenzování potrubí k jednotlivým zařizovacím předmětům:

- K1 ... Ø 75 mm;
- K2 ... Ø 75 mm;
- stávající potrubí K3 a K4... Ø 110 mm.

## **4.5 NÁVRH DIMENZE POTRUBÍ VNITŘNÍHO VODOVODU**

Pro návrh dimenzování potrubí vnitřního vodovodu byla použita norma ČSN 75 5455 Výpočet vnitřních vodovodů [27]. V objektu budou navrženy dvě stoupací potrubí a materiál potrubí polypropylen PPR.

### **4.5.1 Dimenzování potrubí k jednotlivým zařizovacím předmětům**

Dle normy ČSN 75 5455 Výpočet vnitřních vodovodů se vnitřní vodovod dělí na následující části [27]:

- ležaté potrubí vedené od hlavního domovního uzávěru zpravidla v nejnižším podlaží k jednotlivým stoupacím potrubím;
- stoupací potrubí vedené zpravidla svisle jednotlivými podlažími od ležatého potrubí k jednotlivým podlažním rozvodným potrubím;



- podlažní rozvodné potrubí odbočující ze stoupacího potrubí a vedené k jednotlivým připojovacím potrubím v rámci jednoho podlaží (nejčastěji v přízdívkách, pod omítkou a v podhledech);
- připojovací potrubí napojené na ležaté, stoupací nebo podlažní rozvodné potrubí a vedené k výtokové armatuře.

### ***Stanovení výpočtového průtoku***

Pro výpočet průtoku jsem použila dva vzorce. Výsledky jsem porovnávala, a pro dimenzování jsem vzala v úvahu vyšší výsledek.

Vzorce, které jsem použila pro výpočet průtoku [27]:

$$Q_{D1} = \Sigma(f \cdot Q_A \cdot \sqrt{n}) [l/s] \quad (4.6)$$

$$Q_{D2} = \Sigma(\varphi \cdot Q_A \cdot n) [l/s] \quad (4.7)$$

f ... součinitel výtoku

$Q_A$  ... jmenovitý výtok jednotlivými druhy výtokových armatur a zařízení [l/s]

n ... počet výtokových armatur stejného druhu

$\varphi$  ... součinitel současnosti odběru vody z výtokových armatur a zařízení stejného druhu

**Tab. 4.14 Výňatek z tabulky pro jmenovitý průtok a součinitele výtoku [27]**

Výtoková armatura	Jmenovitý průtok $Q_A$ [l/s]	Součinitel výtoku f	
		pro 1 výtokovou armaturu	2 a více výtokových armatur
Nádržkový splachovač	0,15	0,7	1
Tlakový splachovač pisoárové mísy odsávací	0,3	1	0,75

### ***Postup výpočtu***

Nejprve jsem si z tabulky 4.14 odečetla hodnoty jmenovitého průtoku a součinitele výtoku. Hodnotu součinitele současnosti odběru vody z výtokových armatur jsem uvažovala 0,3. Po zjištění všech hodnot jsem začala postupně dosazovat do vzorců (4.6 a 4.7) podle toho, kolik výtokových armatur se připojovalo na danou větev.

V následující tabulce (tab. 4.15) uvádím navržené jmenovité světlosti pro daný počet výtokových armatur na jedné připojovací větvi. Jmenovitá světlost je navržena na vyšší průtok.

**Tab. 4.15 Navržené jmenovité světlosti**

<b>1WC</b>	<b>Q<sub>D</sub></b> [l/s]	<b>DN</b> [mm]	<b>v</b> [m/s]	<b>6WC + 4Pi</b>	<b>Q<sub>D</sub></b> [l/s]	<b>DN</b> [mm]	<b>v</b> [m/s]
Q <sub>D1</sub>	0,105	16 x 2,7	1,1	Q <sub>D1</sub>	0,817	40 x 6,7	1,4
Q <sub>D2</sub>	0,045			Q <sub>D2</sub>	0,630		
<b>1WC + 2Pi</b>				<b>4WC + 4Pi</b>			
Q <sub>D1</sub>	0,423	32 x 5,4	1,1	Q <sub>D1</sub>	0,750	40 x 6,7	1,4
Q <sub>D2</sub>	0,225			Q <sub>D2</sub>	0,540		
<b>2WC</b>				<b>2Pi</b>			
Q <sub>D1</sub>	0,212	20 x 3,4	1,5	Q <sub>D1</sub>	0,318	25 x 4,2	1,4
Q <sub>D2</sub>	0,090			Q <sub>D2</sub>	0,180		

### 4.5.2 Dimenzování jednotlivých stoupaček

Dimenze stoupaček V1 a V2 probíhala stejným způsobem jako u dimenzování potrubí k jednotlivým výtokovým armaturám.

#### *Stoupací potrubí V1*

Stoupací potrubí V1 z 2. PP do 1. PP má vnější průměr x tloušťku stěny 20 x 3,4 mm a z 1. PP do 1. NP 16 x 2,7 mm.

#### *Stoupací potrubí V2*

Hodnotu vnějšího průměru x tloušťky stěny u tohoto potrubí jsem navrhla z 2. PP do 1. PP - 40 x 6,7 mm a z 1. PP do 2. NP - 32 x 5,4 mm.

## 4.6 VÝPIS MATERIÁLU A ARMATUR

O zvoleném materiálu je již zmínka v předchozích kapitolách. Pro vnitřní kanalizaci jsem tedy navrhla polypropylen HT systém a pro vnitřní vodovod polypropylen PPR. Zmíněné délky potrubí byly zjištěny odměřením z výkresů, které jsou přílohami k této práci. Po konzultaci s panem Ing. Jakubem Vránou, Ph.D., odborníkem z Ústavu technického zařízení budov, jsem navrhla potřebné armatury.

V tabulce 4.16 uvádím potřebnou délku potrubí a armatury pro výstavbu vnitřní kanalizace.

**Tab. 4.16 Výpis materiálu a armatur pro vnitřní kanalizaci**

Materiál	Typ potrubí	Jmenovitá světlost [mm]	Délka [m]
PP HT	Připojovací	40	2,20
	Svodné	75	24,20
	Svodné	110	7,00
	Odpadní	75	12,70
	Větrací	110	47,30
Armatura		Typ	Počet [ks]
Přívzdušňovací ventil		HL 900	1

V následující tabulce (tab. 4.17) je přehled potřebných délek potrubí a armatur pro vnitřní vodovod.

**Tab. 4.17 Výpis materiálu a armatur pro vnitřní vodovod**

Materiál	Jmenovitá světlost [mm]	Délka [m]
PPR	16 x 2,7	27,20
	20 x 3,4	21,40
	25 x 4,2	2,20
	32 x 5,4	6,90
	40 x 6,7	6,20
Armatura		Počet [ks]
Nástěnka PPR DN 16 x G 1/2		6
Nástěnka PPR DN 20 x G 1/2		2
Nástěnka PPR DN 25 x G 3/4		2
Ventil zpětný G 3/4		2
Kulový kohout plnoprůtokový s koulí „DADO“ G 1/2		10
Kulový kohout plnoprůtokový s koulí „DADO“ G 3/4		2
Kulový kohout plnoprůtokový s koulí „DADO“ G 1		2
Mosazný filtr G 3/4		2

## 4.7 NÁVRH TECHNOLOGIE NA ÚPRAVU ŠEDÝCH VOD

Návrh technologie na úpravu šedých vod v areálu Rašínova byla navržena ve spolupráci se společností ASIO, spol. s r.o.

Bylo navrženo několik potřebných zařízení pro správný chod úpravy šedých vod:

- filtr mechanických nečistot;
- zásobní nádrž na NaOH;
- dávkovací čerpadlo NaOH;
- ponorné čerpadlo z akumulární nádrže;
- membránový modul;
- dmychadlo;
- čerpadlo permeátu;
- ponorné čerpadlo ATS;
- membránová tlaková nádoba;
- tlakový spínač;
- UV lampa;
- vyrovnávací nádrž šedých vod;
- reakční nádrž;
- akumulární nádrž vyčištěné vody;
- pH sonda;
- zařízení sloužící k hlídání hladiny;
- aerační elementy;
- průtokoměr;
- solenoidový ventil;
- plastová popelnice na shrabky;
- potrubí, armatury.

### 4.7.1 Filtr mechanických nečistot

Před nátokem vody do technologické linky je nutné zbavit vodu mechanických nečistot (vlasy). Šedá voda před přivedením do nádrže by měla být přefiltrována tak, aby:

- mechanické nečistoty nezpůsobovaly poškození čerpadel a armatur;
- voda v nádrži obsahovala minimum organických látek;
- nádrž nemusela být příliš často čištěna.

Filtr mechanických nečistot musí být navržen se samočistící schopností, tj. pracovat tak, aby zachycené nečistoty byly samovolně odplavovány a nebylo nutné filtr často čistit. Musí umožnit odvod přebytečné vody při svém zanesení nebo zvýšeného průtoku.

Navrhuji filtr mechanických nečistot AS REWA, který je vyrobený z plastu s velikostí ok 0,5 mm. Rozměry tohoto filtru jsou 630 x 630 x 950 mm [28].

#### 4.7.2 Zásobní nádrž na NaOH

Zásobní nádrž na hydroxid sodný NaOH byla navržena od výrobce AQUA produkt s.r.o. Tyto nádrže jsou navrženy tak, aby byla umožněna instalace dávkovacích čerpadel a míchadel. Jsou válcového tvaru, vyrobeny z potravinářského polyethylenu, který je odolný vůči všem chemikáliím, které se používají k úpravě vody. Zásobní nádrž je poloprůhledná, což umožňuje vizuálně zkontrolovat zbývající množství chemikálie [29].



Obr. 4.15 Zásobní nádrž [29]

Horní plocha nádrže je rozdělena na dvě části [29]:

- v přední části je nádrž opatřena otvorem se šroubovacím uzávěrem, který slouží pro doplňování chemikálie;
- v zadní části je plocha mírně vyvýšená, což umožní instalaci dávkovacího čerpadla či míchadla přímo na nádrž.

Tab. 4.18 Technické údaje navržené zásobní nádrže [29]

Typ zásobní nádrže	SER 35
Objem [l]	35
Výška [mm]	390
Průměr [mm]	350
Průměr otvoru [mm]	80

### 4.7.3 Dávkovací čerpadlo NaOH

Hydroxid sodný bude dávkován dle potřeby, slouží k úpravě hodnoty pH, které bude sledováno pomocí pH sondy.



Obr. 4.16 Dávkovací čerpadlo [30]

Dávkování NaOH bude pomocí čerpadla (obr. 4.16), které je navrženo od společnosti IMU, a.s. Jedná se o dávkovací čerpadlo membránové mechanické. Toto čerpadlo je složeno z vícevrstvé konstrukce membrány, která je oboustranně potažená teflonem (PTFE). Je jednoduché konstrukce s minimálním počtem dílů, což umožňuje minimální údržbu [30].

Tab. 4.19 Navržený typ dávkovacího čerpadla [30]

Typ	Max průtok [l/h]	Max tlak [bar]
MB 11	11	12

### 4.7.4 Ponorné čerpadlo z akumulární nádrže

Ponorné čerpadlo je navrženo od výrobce KSB – PUMPY + ARMATURY s.r.o., koncern. Jedná se o přenosné vertikální, plně zaplavitelné, monoblokové, jednostupňové, ponorné čerpadlo (obr. 4.17). Uvažované čerpané množství bude 2 m<sup>3</sup>/h a dopravní výška 4 m. Na výtlaku je toto čerpadlo opatřeno integrovanou zpětnou klapkou. Maximální hloubka ponoru je 2 m. Pohon čerpadla je zajišťován pomocí jednofázového motoru na střídavý proud 1 ~ 230 V, se zabudovanou termickou ochranou, krytí IP 68, s elektrickým kabelem a zástrčkou [31].



Obr. 4.17 Ponorné čerpadlo [31]

Technické údaje navrženého ponorného čerpadla jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 4.20).

**Tab. 4.20 Technické údaje ponorného čerpadla [31]**

Typ	Výtlačk [Rp]	Max průměr mechanických nečistot [mm]	P1 [kW]	P2 [kW]	Jmenovitý proud [A]	Délka el. kabelu [m]	Hmotnost [kg]
301 SE/NE C	1"1/4	10	0,34	0,15	1,5	10	5

### 4.7.5 Membránový modul

Pro úpravu šedých vod budou navrženy dva membránové moduly (obr. 4. 18). Byly zvoleny deskové membrány siClaro od německé společnosti Martin systems AG. Během provozu dochází k zanášení membrán, vytváří se na nich tenkovrstvý povlak, který zvyšuje separační účinek, ale snižuje hydraulickou kapacitu. Tento povlak je nutné chemicky odstranit, používá se chlornan sodný k odstranění biologických povlaků a kyselina citronová k odstranění vysrážených solí. Čištění probíhá tak, že se membránový modul vytáhne z nádrže a ponoří se do regenerační komory [32].



**Obr. 4.18 Membránový modul [33]**

V tabulce 4.21 jsou uvedeny parametry zvolených membránových modulů.

**Tab. 4.21 Parametry membránového modulu [33]**

Typ	Plocha filtru [m <sup>2</sup> ]	Max průtok [m <sup>3</sup> /h]
FM 621	12,5	0,34

### 4.7.6 Dmychadlo

Použité dmychadlo je navrženo od společnosti KUBÍČEK VHS, s.r.o. Dmychadlo je v provedení vzduch a přetlak. Je navržen typ 3D16C - 032, kde jednotlivá číslce a písmena znamenají [34]:

- 3 – značí, že je dmychadlo vybaveno třízubým rotorem;

- D – znamená, že se jedná o standardní typ (vzduch);
- 16 – průměr vnitřní hřídele;
- C – šířka skříně;
- 032 – velikost příslušenství (DN).

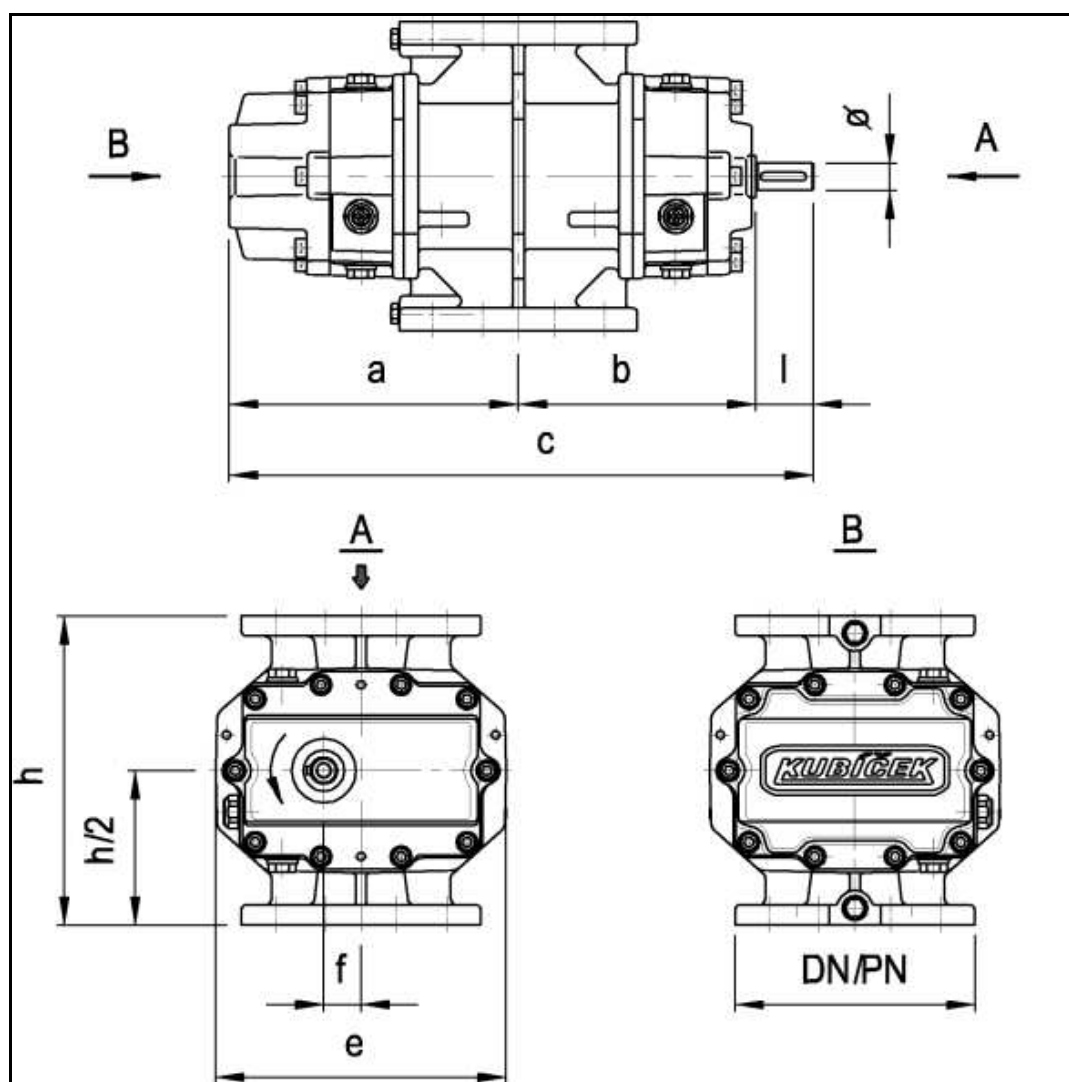
Rozměry dmyhadla typu 3D16C – 032 jsou uvedeny v tabulce 4.22.

**Tab. 4.22 Rozměry dmyhadla [34]**

Typ	3D16C
DN/PN	32/16
a [mm]	165
b [mm]	153
c [mm]	358
e [mm]	140
f [mm]	19
h [mm]	180
Ø [mm]	16
l [mm]	40
m [kg]	20

Vysvětlení jednotlivých parametrů z tab. 4.22 je zobrazeno na obrázku 4.19.





Obr. 4.19 Vysvětlení parametrů z tab. 4. 22 [34]

Výkonová tabulka dmychadla je v následující tabulce (tab. 4.23).

Tab. 4.23 Tabulka výkonu dmychadla [34]

$\Delta p$ [kPa]	10
$Q$ [m <sup>3</sup> /min]	0,68
$n_2$ [1/min]	2536
$P_2$ [kW]	0,21
$P_1$ [kW]	0,25
$n_1$ [1/min]	2830
El. motor	63
$t_2$ [°C]	31
$L_p$ (A) [dB]	78/58

### 4.7.7 Čerpadlo permeátu

Čerpadlo permeátu je navrženo od společnosti Pumpa a.s. Svou konstrukcí se jedná o samonasávací monoblokové čerpadlo s kapalným kroužkem a hvězdicovým rotorem. Motor čerpadla je konstruován jako 2 - pólový asynchronní, třífázový 400 V [35].

#### *Provozní podmínky*

Čerpadlo lze užít pro teplotu kapaliny -10 až + 90 °C a teplotu prostředí, ve kterém se nachází čerpadlo do 40 °C [35].

Byl navržen model čerpadla CA 80 E. Průtok je stanoven na 0,6 m<sup>3</sup>/h a dopravní výška je možná až do výšky 30 m. Materiálové provedení čerpadla je uvedeno v tabulce 4.24.

**Tab. 4.24 Materiálové provedení čerpadla [35]**

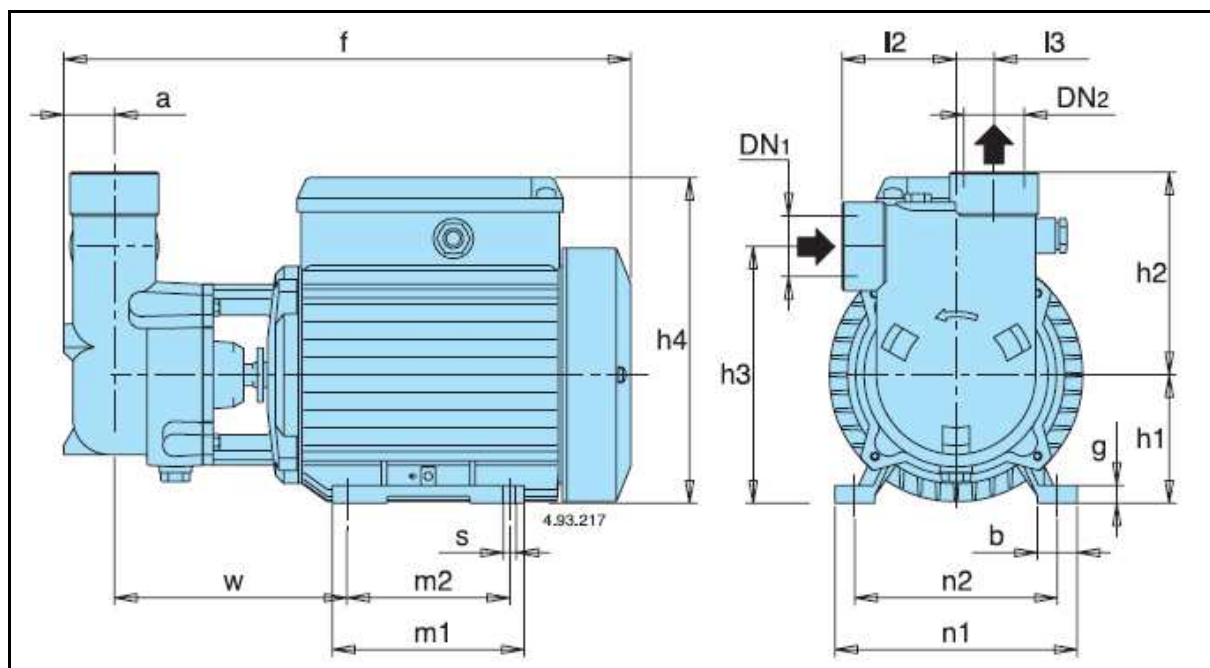
Součásti	Materiál
Těleso čerpadla	Litina
Spojka	
Oběžné kolo	Mosaz
Hřídel	Chromovaná ocel
Mechanická ucpávka	Uhlík - keramika - NBR

Rozměry a hmotnost čerpadla jsou zobrazeny v tabulce níže (tab. 4.25).

**Tab. 4.25 Rozměry a hmotnost čerpadla [35]**

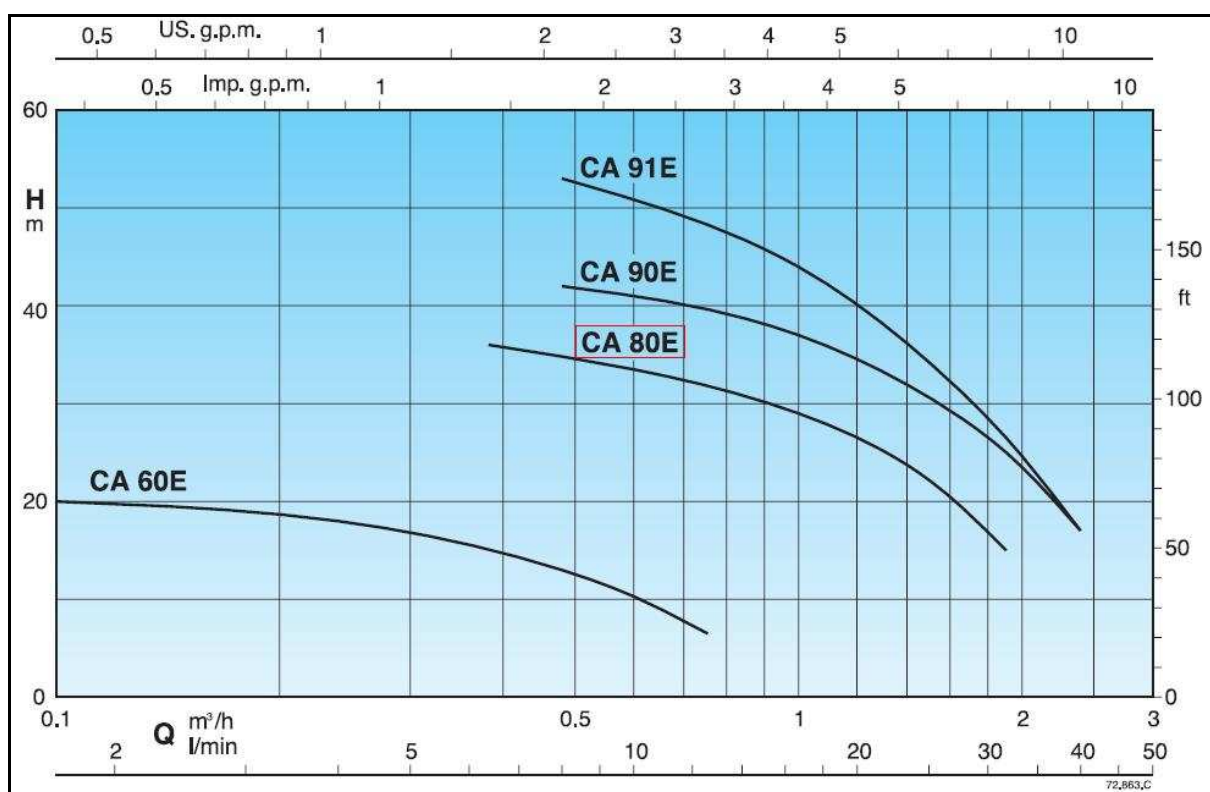
Model	CA 80 E	Model	CA 80 E
DN <sub>1</sub>	G 3/4	n <sub>1</sub> [mm]	122
DN <sub>2</sub>	G 3/4	n <sub>2</sub> [mm]	100
a [mm]	23	b [mm]	22
f [mm]	272	s [mm]	7
h <sub>1</sub> [mm]	63	I <sub>2</sub> [mm]	55
h <sub>2</sub> [mm]	90	I <sub>3</sub> [mm]	17
h <sub>3</sub> [mm]	126	w [mm]	109
h <sub>4</sub> [mm]	158	g [mm]	8
m <sub>1</sub> [mm]	96	m [kg]	7,6
m <sub>2</sub> [mm]	80		

Jednotlivé parametry z tab. 4.25 jsou zobrazeny na následujícím obrázku (obr. 4.20).



Obr. 4.20 Vysvětlení jednotlivých parametrů z tab. 4. 25 [35]

Na následujícím obrázku je znázorněna pracovní oblast čerpadla (obr. 4.21).

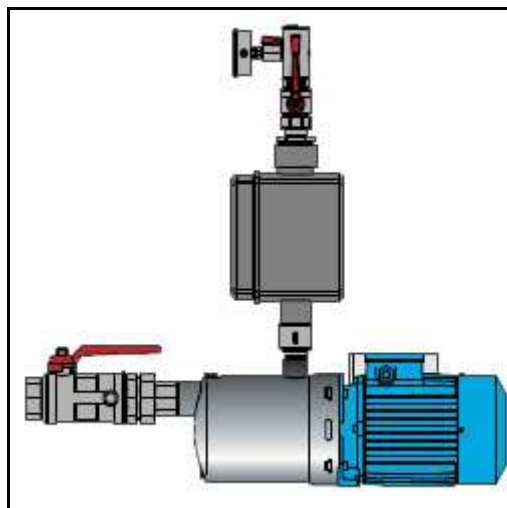


Obr. 4.21 Pracovní oblast čerpadla [35]

### 4.7.8 Ponorné čerpadlo ATS

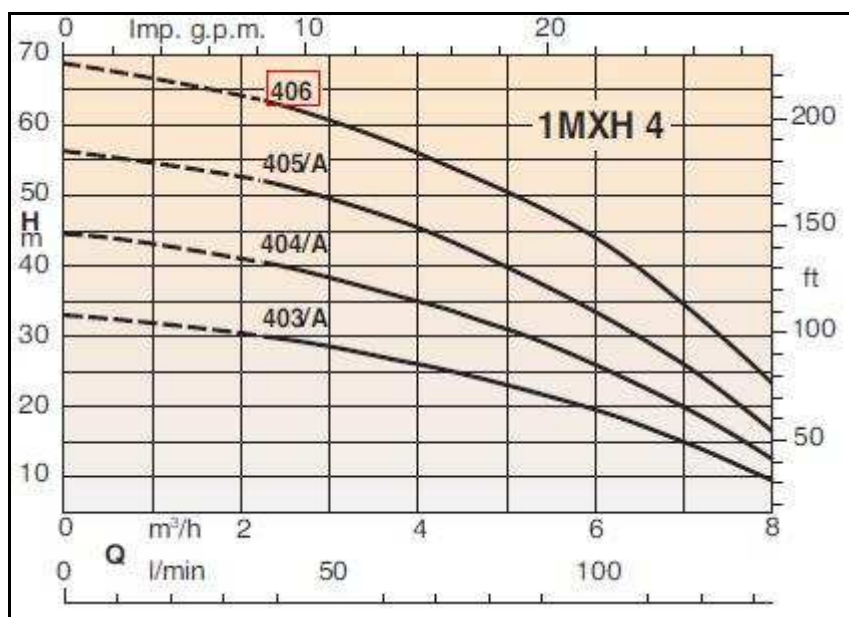
Ponorné čerpadlo ATS je rovněž navrženo od společnosti Pumpa a.s. jako čerpadlo permeátu. Je navržen typ Calpeda 1MXH 406 - VMT 1,5kW, 230V automatická stanice s FM Variomat (obr. 4.22).

Je to tlaková konstantní stanice s jedním čerpadlem s frekvenčním měničem Variomat. Dále je tato stanice vybavena kulovým kohoutem a zpětným ventilem u nasávání, u výtlačku je vybavena kulovým kohoutem a tlakoměrem. Frekvenční měnič je přímo osazen na výtlačném potrubí a je ochlazován vodou. Motor je 2 - pólový asynchronní, třífázový 230 V [36].



Obr. 4.22 Ponorné čerpadlo ATS [36]

Pracovní oblast ATS (navržená dopravní výška  $H = 55$  m a čerpané množství  $Q = 4$  m<sup>3</sup>/h) je zobrazeno v grafu, který je zobrazen na obr. 4.23.



Obr. 4.23 Pracovní oblast ATS [36]

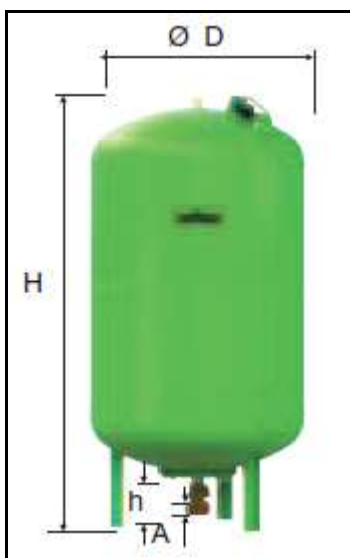
### 4.7.9 Membránová tlaková nádoba

Byla navržena tlaková expanzní nádoba s membránou „refix“, typ DT5 60/10 od společnosti Reflex CZ, s.r.o. Je to průtočná nádoba s průtočnou armaturou flowjet Rp 1¼ s uzavíráním a vypouštěním nebo s DUO připojením. Technické parametry této nádoby jsou uvedeny v tabulce 4.26 [37].

**Tab. 4.26 Technické parametry nádoby [37]**

Typ	DT5 60
Max provozní tlak [bar]	10
D [mm]	409
H [mm]	766
h [mm]	80
m [kg]	13,4

Následující obrázek (4.24) znázorňuje jednotlivé parametry nádoby, které jsou uvedeny v předchozí tabulce.



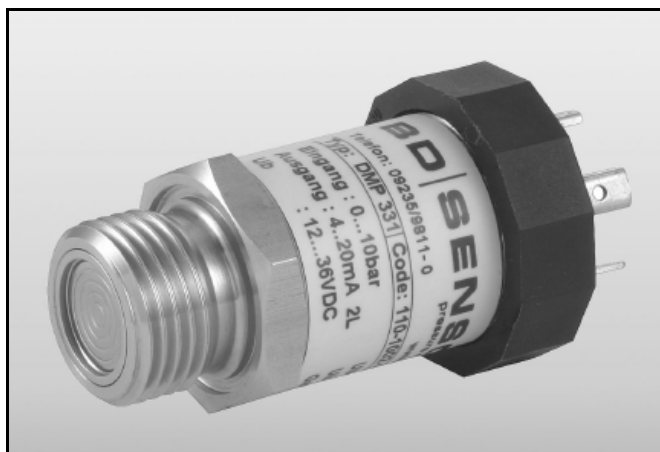
**Obr. 4.24 Tlaková expanzní nádoba [37]**

### 4.7.10 Tlakový spínač

Průmyslový tlakový snímač (obr. 4.25) je navržen od společnosti BD SENSORS s.r.o. Jedná se o piezoresistivní nerezový senzor typu DMP 331, který se vyznačuje dlouhodobou stabilitou. Jeho dalšími přednostmi jsou [38]:

- nízká chyba vlivem teploty;
- dlouhodobá linearita;
- čelní tlakové připojení.

Byl navržen typ tlakového snímače, který měří tlak v rozsahu 0 – 6 bar a je schopný krátkodobého přetížení až 20 bar. Pracuje s přesností 0,5 % při jmenovitém tlaku  $P_N \leq 0,4$  bar [38].



Obr. 4.25 Průmyslový tlakový snímač [38]

### 4.7.11 UV lampa

UV lampa je navržena od slovenské společnosti EZV, spol. s r.o. UV lampa slouží pro odstranění nebezpečných bakterií a virů. Pracují na fyzikálním principu, který zaručuje spolehlivé a bezpečné odstranění bakterií a virů z vody pomocí ultrafialového záření [39].

Výhody použití UV lampy [39]:

- ekologický způsob úpravy vody – nepřidávají se žádné chemikálie;
- při aplikaci se nevytvářejí žádné vedlejší účinky;
- rychlý účinek – stačí pár sekund;
- ekonomičnost, praktičnost a kompatibilita s ostatními technologiemi na úpravu vody.

Technické parametry navrženého typu UV lampy – UV lampa SITA UV 550 LCD je v tab. 4.27.

Tab. 4.27 technické parametry UV lampy [39]

Typ	UV 550 LCD
El. napájení	AC 230 V - 50/60 Hz
El. spotřeba [W]	80
Průtok [l/min]	100
Připojení	1½"
Max tlak [bar]	9
Provozní teplota [°C]	2 - 40
Rozměry panelu [mm]	240 x 190 x 90

Vybavení řídicího panelu [39]:

- počítadlo provozních hodin;
- řízení procesu mikroprocesoru;
- červené LED tlačítko signalizující případnou poruchu;
- kontrola činnosti UV lampy;

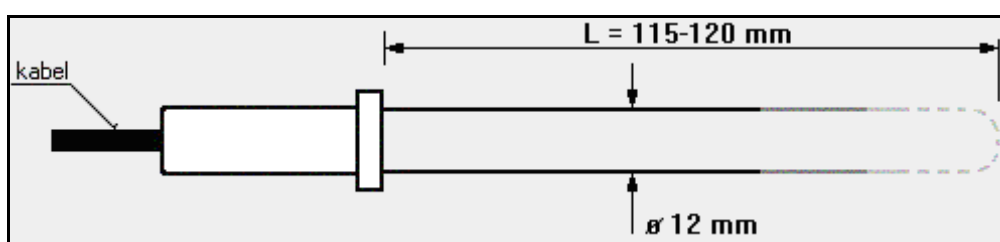
- výkonový výstup 230 V/2A NC/NO – max 2A.

#### 4.7.12 Vyrovnávací, reakční, akumulční nádrž

Tyto nádrže budou navrženy od společnosti ASIO, spol. s r.o. Nádrže se vyrábějí v typových řadách nebo dle rozměrů na zakázku. V tomto případě budou nádrže vyrobeny na zakázku o objemech 2 m<sup>3</sup>, 2 m<sup>3</sup> a 3 m<sup>3</sup>.

#### 4.7.13 pH sonda

pH sonda bude navržena od společnosti Theta'90 s.r.o. Navrhují typ HC 243 G1/2, který je vhodný pro měření pH v odpadních vodách. Vyznačuje se zvýšenou mechanickou odolností. Základní provedení sondy je znázorněno na obrázku 4.26 [40].



Obr. 4.26 Základní provedení sondy [40]

#### 4.7.14 Snímač hladiny

Toto zařízení bude umístěno ve všech třech nádržích. Navrhují bezkontaktní univerzální ultrazvukový snímač hladiny typu EchoSonic II LU – 27 (obr. 4.27) od společnosti FLOWLINE, který lze využít v jakékoli nádrži. Umožňuje kontinuální měření výšky hladiny až do 10 m s výstupem 4 – 20 mA a je konfigurován Webcal software [41].



Obr. 4.27 Snímač hladiny [41]

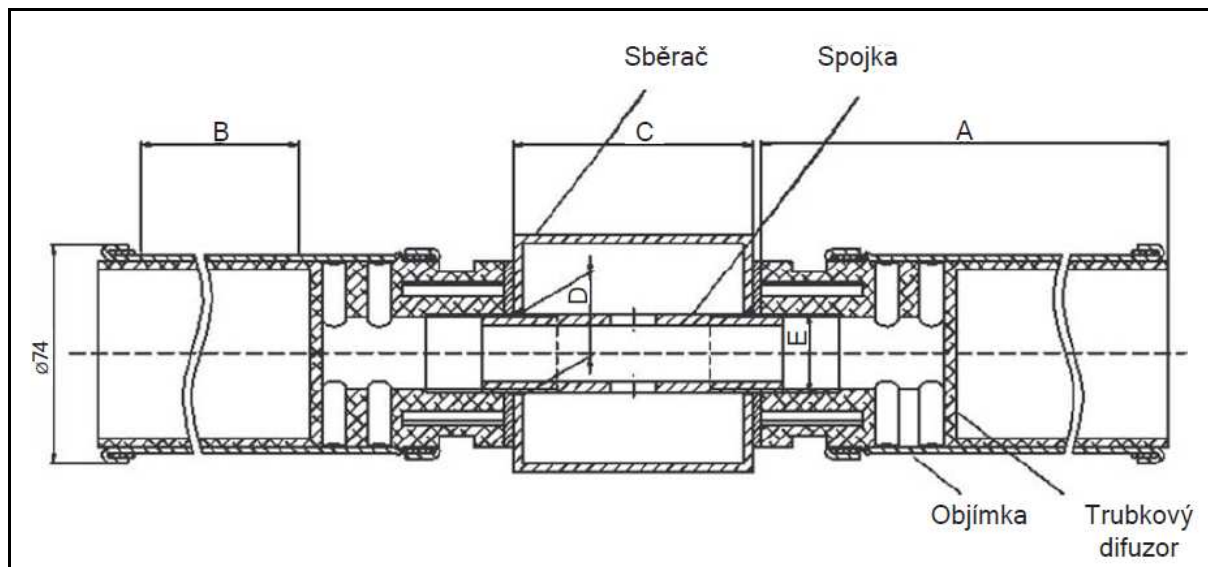
#### 4.7.15 Aerační elementy

Jako aerační elementy jsou navrženy dva trubkové difuzory řady TD 63 typ 63/2050 D od společnosti BIBUS s.r.o. Tabulka s rozměry tohoto difuzoru je uvedena níže (tab. 4.28) [42].

**Tab. 4.28 Rozměry trubkového difuzoru [42]**

Typ	63/2050 D
Délka perforace B [mm]	500
Celková délka A [mm]	560
Průměr trubky [mm]	63
Vnitřní průměr [mm]	64 - 66
Perforovaná plocha [m <sup>2</sup> ]	0,09
Celková hmotnost [kg]	0,8

Na obrázku 4.28 je zobrazeno schéma trubkového difuzoru TD 63/2050 D.



**Obr. 4.28 Schéma trubkového difuzoru [42]**

Difuzory lze kontrolovat jen tehdy, pokud je nádrž prázdná a mimo provoz. Proti nasycení oxidem uhličitým je doporučeno používat kyselinu mravenčí. Aby se póry udržely otevřené, aplikace se provádí jen krátkou dobu vstříkem kyseliny mravenčí do stlačeného vzduchu. Pravidelné používání maximálního průtoku proudu vzduchu na krátkou dobu, pomáhá udržovat difuzor v dobrém stavu [42].

Parametry tohoto difuzoru jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 4.29).

**Tab. 4.29 Parametry difuzoru [42]**

Typ	63/2050 D
Průtok vzduchu při standardních podmínkách [m <sub>N</sub> <sup>3</sup> /h]	1 - 6
Průtok vzduchu při nadměrném zatížení [m <sub>N</sub> <sup>3</sup> /h]	10
Provozní teplota [°C]	0 - 80
Typ provozu	Nepřetržitý přerušovaný



### 4.7.16 Průtokoměr

Po konzultaci ve společnosti Badger Meter Czech Republic s.r.o. navrhuji indukční průtokoměr – čidlo typu II s plochými přírubami DIN (obr. 4.29). Tento průtokoměr pracuje na principu Faradayova zákona. Vyznačuje se tím, že zde nedochází k žádné tlakové ztrátě a výrobce uvádí, že poskytuje výsledky s přesností 0,25 %. Výstelka je vyrobena z tvrdé pryže [43].



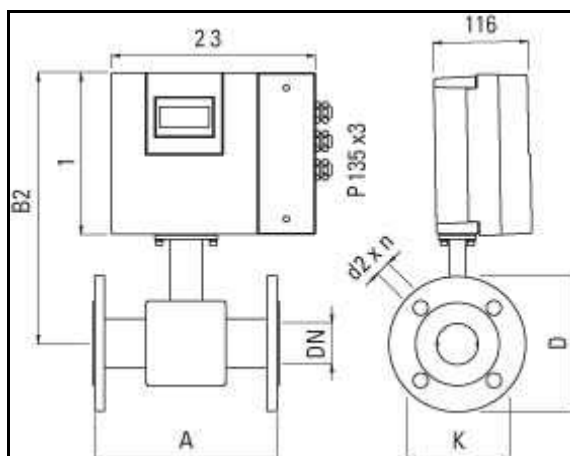
Obr. 4.29 Indukční průtokoměr [43]

V tabulce 4.30 uvádím rozměry indukčního průtokoměru – čidlo typu II s plochými přírubami DIN.

Tab. 4.30 Rozměry průtokoměru [43]

DN [mm]	A [mm]	B1 [mm]	B2 [mm]	Ø D [mm]	Ø K [mm]	Ø d2 x n [mm]
65	280	271	348	185	145	18 x 4

Na následujícím obrázku (obr. 4.30) jsou vysvětleny jednotlivé parametry z tabulky 4.30.



Obr. 4.30 Rozměry průtokoměru [43]

### 4.7.17 Solenoidový ventil

Budou navrženy tři solenoidové ventily s úpravou proti tlakovým rázům média od společnosti ASCO/JOUMATIC s.r.o., katalogový typ SCG238A050, průtok 165 l/min. Jedná se

o dvojcestný ventil k ovládání studené i teplé vody. Tento ventil (obr. 4.31) nepotřebuje k provozu žádný minimální vstupní tlak, je schopen pracovat již od 0 barů. Pracuje v rozsahu diferenčního tlaku 0 – 10 barů a maximální viskozita je daná hodnotou  $40 \text{ mm}^2/\text{s}$  [44].

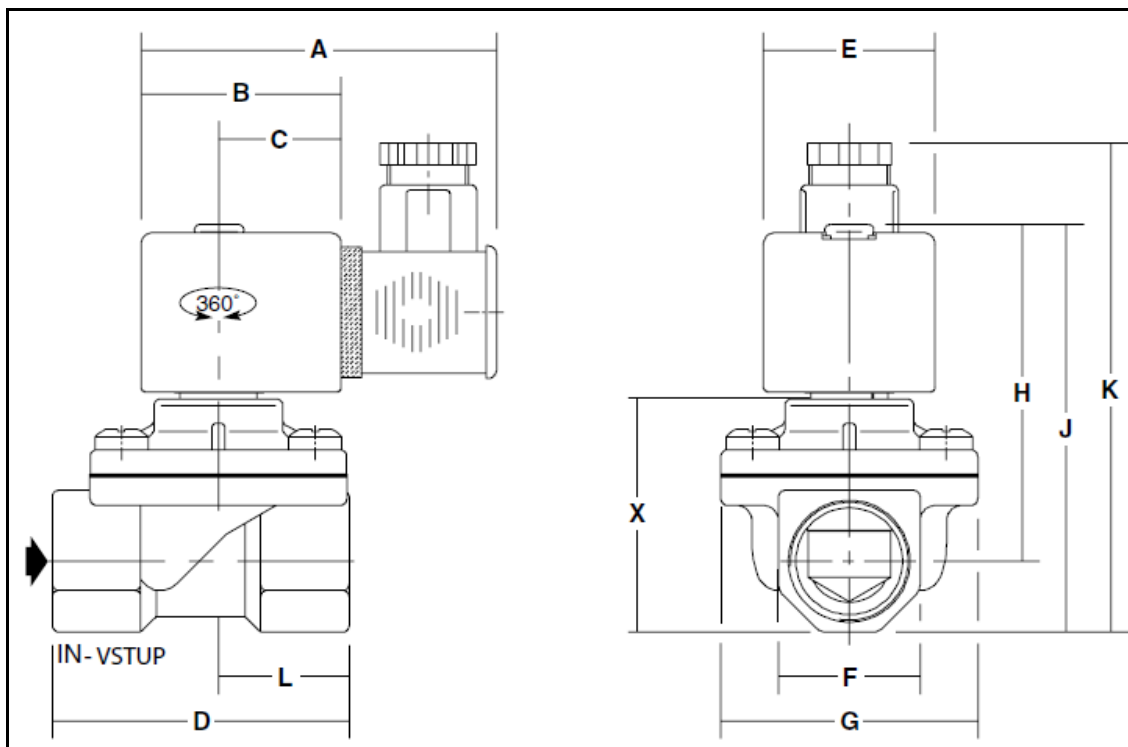


Obr. 4.31 Solenoidový ventil [44]

Rozměry solenoidového ventilu jsou ke zhlédnutí v tab. 4.31 a následné vysvětlení jednotlivých parametrů z této tabulky na obrázku 4.32.

Tab. 4.31 Rozměry solenoidového ventilu [44]

Katalogové číslo	SCG238A050
A [mm]	80
B [mm]	45
C [mm]	27,5
D [mm]	86
E [mm]	39
F [mm]	41
G [mm]	73
H [mm]	92
J [mm]	112
K[mm]	131
L [mm]	37
X [mm]	67
Hmotnost [kg]	1,2



Obr. 4.32 Vysvětlení jednotlivých parametrů z tabulky 4.31 [44]

#### 4.7.18 Plastová popelnice na shrabky

Navrhuji použít plastovou popelnici od známé společnosti SULO s.r.o. Jedná se o dvukolečkovou popelnici o objemu 80 l. Tato popelnice (obr. 4.33) je vyrobena z vysoce odolného HDPE plastu [45].



Obr. 4.33 Plastová popelnice [45]

### **4.7.19 Technologické schéma**

Po navržení veškerých zařízení, které budou součástí úpravy šedých vod, byl proveden návrh technologického schématu. Toto schéma bylo vypracováno ve spolupráci se společností ASIO, spol. s r.o. a je přílohou v této práci (viz příloha č. 2).

## **4.8 ROZPOČET PRO VÝSTAVBU VNITŘNÍ KANALIZACE A VNITŘNÍHO VODOVODU**

Rozpočet byl zpracován dle platného ceníku ÚRS 800 – 721 pro rok 2011 [46]. Jednotlivé položky v rozpočtu jsem konzultovala s panem Ing. Jakubem Vránou, Ph.D. V rozpočtu jsou jednotlivé položky rozděleny do příslušných dílů, jak je uvedeno v ceníku ÚRS 800 – 721 [46]:

- vnitřní kanalizace – díl 721;
- vnitřní vodovod – díl 722;
- staveništní přesun hmot – díl 99.

Do rozpočtu bylo nutné zahrnout i zednické práce. Tato část rozpočtu byla vypracována pomocí programu RTS Stavitel+ a byla rozdělena do následujících dílů:

- svislé a kompletní konstrukce – díl 3;
- úpravy povrchů vnitřní – díl 61;
- prorážení otvorů – díl 97;
- obklady keramické – díl 781.

Jednotlivé položky v rozpočtu:

- cena potrubí za jeden běžný metr (v této ceně jsou započteny i náklady na montáž a dodávku potrubí a tvarovek);
- cena armatury za jeden kus (v ceně je zahrnuta dodávka a montáž armatur);
- jednotlivé ceny jsou uvedeny bez DPH.

### 4.8.1 Rozpočet pro vnitřní kanalizaci

Část potrubí vnitřní kanalizace (odpadní a přípojovací potrubí z 1. PP) bude využito ze stávajícího stavu. V rozpočtu tedy uvažuji pouze potrubí, které bude nutné nově vybudovat. Do rozpočtu jsem zařadila i položku demontáž, neboť bude nutno demontovat u dvou umyvadel stávající výtok.

V následující tabulce (tab. 4.32) je proveden výpočet rozpočtu pro vnitřní kanalizaci dle platného ceníku ÚRS 800 - 721.

**Tab. 4.32 Rozpočet vnitřní kanalizace**

Číslo položky	Název položky	MJ	Množství	Cena/MJ	Celkem [Kč]
<b>721</b>	<b>VNITŘNÍ KANALIZACE</b>				
721 17 - 4042	Přípojovací potrubí DN 40	m	2,20	269,00	591,80
721 17 - 4004	Svodné potrubí DN 75	m	24,20	324,00	7 840,80
721 17 - 4005	Svodné potrubí DN 110	m	7,00	398,00	2 786,00
721 17 - 4024	Odpadní potrubí DN 75	m	12,70	357,00	4 533,90
721 17 - 4063	Větrací potrubí DN 110	m	47,30	250,00	11 825,00
721 22 - 1201	Přívzdušňovací ventil HL 900	ks	1,00	1 560,00	1 560,00
721 29 - 0111	Zkouška těsnosti kanalizace do DN 125	m	46,10	16,50	760,65
721 29 - 0112	Demontáž vnitřní kanalizace	hod	8,00	270,00	2 160,00
<b>Celkem za</b>	<b>721 Vnitřní kanalizace</b>				<b>32 058,15</b>

Cena za výstavbu vnitřní kanalizace byla stanovena na 32 058,15 Kč bez DPH.

## 4.8.2 Rozpočet pro vnitřní vodovod

Potrubí pro rozvod bílé vody je navrženo pro celou řešenou část areálu. Zde nelze využít žádné potrubí ze stávajícího stavu, proto je zde opět uvedena položka pro demontáž.

V tabulce 4.33 je zobrazen výpočet rozpočtu pro vnitřní vodovod.

**Tab. 4.33 Rozpočet vnitřního vodovodu**

Číslo položky	Název položky	MJ	Množství	Cena/MJ	Celkem [Kč]
<b>722</b>	<b>VNITŘNÍ VODOVOD</b>				
722 17 - 4021	D 16 x 2,7	m	27,20	224,00	6 092,80
722 17 - 4022	D 20 x 3,4	m	21,40	220,00	4 708,00
722 17 - 4023	D 25 x 4,2	m	2,20	268,00	589,60
722 17 - 4024	D 32 x 5,4	m	6,90	316,00	2 180,40
722 17 - 4025	D 40 x 6,7	m	6,20	380,00	2 356,00
722 22 - 0151	Nástěnka PPR DN 16 x G 1/2	ks	6,00	99,80	598,80
722 22 - 0152	Nástěnka PPR DN 20 x G 1/2	ks	2,00	103,00	206,00
722 22 - 0153	Nástěnka PPR DN 25 x G 3/4	ks	2,00	137,00	274,00
722 23 - 1073	Ventil zpětný G 3/4	ks	2,00	215,00	430,00
722 18 - 1221	Ochrana potrubí (pěnový PE) - tl. izolace 6 - 10 mm DN do 22 mm	m	48,60	45,90	2 230,74
722 18 - 1222	Ochrana potrubí (pěnový PE) - tl. izolace 6 - 10 mm DN 22 - 42 mm	m	15,30	52,80	807,84
722 23 - 2122	Kulový kohout plnopřítokový s koulí „DADO“ G 1/2	ks	10,00	195,00	1 950,00
722 23 - 2123	Kulový kohout plnopřítokový s koulí „DADO“ G 3/4	ks	2,00	274,00	548,00
722 23 - 2124	Kulový kohout plnopřítokový s koulí „DADO“ G 1	ks	2,00	399,00	798,00
722 23 - 4264	Mosazný filtr G 3/4	ks	2,00	254,00	508,00
722 29 - 0215	Zkouška těsnosti vodovodního potrubí do DN 100	m	63,90	92,10	5 885,19
722 29 - 0234	Proplach vodovodního potrubí do DN 80	m	63,90	28,60	1 827,54
722 29 - 0216	Demontáž vodovodního potrubí	hod	16,00	270,00	4 320,00
<b>Celkem za</b>	<b>722 Vnitřní vodovod</b>				<b>36 310,91</b>

Cena za provedení vnitřního vodovodu byla vypočtena na hodnotu 36 310,91 Kč bez DPH.

### 4.8.3 Rozpočet – zednické práce

Stanovila jsem orientační cenu za vykonání zednických prací. Do těchto prací jsem zahrnula:

- vysekání drážek;
- omítnutí;
- obklad;
- obestavění stoupaček sádrokartonem.

**Tab. 4.34 Rozpočet – zednické práce**

Číslo položky	Název položky	MJ	Množství	Cena/MJ	Celkem [Kč]
<b>3</b>	<b>Svislé a kompletní konstrukce</b>				
342 26 - 7111	Obklad sádrokartonem - dvoustranné desky protipožární tl. 12,5 mm	m	25,00	591,00	14 775,00
<b>61</b>	<b>Úpravy povrchů vnitřní</b>				
612 40 - 3399	Hrubá výplň rýh ve stěnách maltou	m	59,90	260,50	15 603,95
612 10 - 0032	Oprava omítek stěn vnitřních vápenocementových	m	59,90	187,00	11 201,30
<b>97</b>	<b>Prorážení otvorů</b>				
974 10 - 0030	Vysekání rýh ve zdivu z cihel, do 0,15 x 0,15 m	m	59,90	190,50	11 410,95
<b>781</b>	<b>Obklady keramické</b>				
781 41 - 1903	Oprava obkladů z obkladaček porovin, 150 x 150 mm	ks	400,00	49,50	19 800,00
<b>Celkem za</b>	<b>Zednické práce</b>				<b>72 791,20</b>

Předpokládaná cena zednických prací bez DPH činí 72 791,20 Kč.

Doprava materiálu na místo provedení prací je 3 % z celkové částky (72 791,20 Kč), což je 2 183,74 Kč.

### 4.8.4 Rozpočet – staveništní přesun hmot

Staveništní přesun hmot je stanoven zvlášť pro vnitřní kanalizaci a vnitřní vodovod, stanoven procentní sazbou z ceny. V tabulce 4.35 je uveden výpočet staveništního přesunu hmot pro jednotlivé díly rozpočtu.

**Tab. 4.35 Rozpočet – staveništní přesun hmot**

Číslo položky	Název položky	Procentní sazba [%]	Cena [Kč]	Celkem [Kč]
<b>99</b>	<b>STAVENIŠTNÍ PŘESUN HMOT</b>			
998 72 - 1203	Přesun hmot pro kanalizaci do 24 m	1,84	32 058,15	589,87
998 72 - 2203	Přesun hmot pro vnitřní vodovod do 24 m	1,12	36 310,91	406,68
<b>Celkem za</b>	<b>99 Staveništní přesun hmot</b>			<b>996,55</b>

Celková cena (bez DPH) staveništního přesunu hmot je vyčíslena na 996,55 Kč.

#### 4.8.5 Rozpočet pro výstavbu vnitřního vodovodu a kanalizace s DPH

Předchozí celkové ceny byly uvedeny bez DPH. V následující tabulce (tab. 4.36) je zobrazen celkový rozpočet s připočtením 20 % DPH.

**Tab. 4.36 Celkový rozpočet s 20 % DPH**

Díl	Název dílu	Cena bez DPH [Kč]	DPH [%]	DPH z ceny [Kč]	Cena s DPH [Kč]
3	Svislé a kompletní KCE	14 775,00	20	2 955,00	17 730,00
61	Úpravy povrchů vnitřní	26 805,25		5 361,05	32 166,30
97	Prorážení otvorů	11 410,95		2 282,19	13 693,14
99	Staveništní přesun hmot	996,55		199,31	996,55
721	Vnitřní kanalizace	32 058,15		6 411,63	38 469,78
722	Vnitřní vodovod	36 310,91		7 262,18	43 573,09
781	Obklady keramické	19 800,00		3 960,00	23 760,00
	Doprava (zednické práce)	2 183,74		436,75	2 620,49
Cena celkem s DPH [Kč]					173 009,35

Celkový rozpočet pro výstavbu potrubního systému v objektu Rašínova, který je součástí příspěvkové organizace Lázně města Brna, p.o. jsem stanovila na 173 009,35 Kč.



## 4.9 ROZPOČET TECHNOLOGICKÉ LINKY NA ÚPRAVU ŠEDÝCH VOD

Rozpočet veškerých zařízení, které budou potřeba pro úpravu šedých vod na vodu bílou, byl proveden ve spolupráci se společností ASIO, spol. s r.o.

V následující tabulce (tab. 4.37) je uveden přehled výrobců jednotlivých zařízení.

**Tab. 4.37 Přehled výrobců**

Zařízení	Typ	Výrobce
Vyrovňovací, reakční, akumulární nádrž	Výroba na zakázku	ASIO, spol. s r.o.
Membránový modul	SiClaro FM621	Martin systems AG
Čerpadlo permeátu	CA 80 E	Pumpa a.s
Ponorné čerpadlo z AN	301 SE/NE C	KSB – PUMPY + ARMATURY s.r.o., koncern
Zásobní nádrž NaOH	SER 35	AQUA produkt s.r.o.
Dávkovací čerpadlo NaOH + příslušenství	MB 11	IMU, a.s.
pH sonda	HC 243 G1/2	Theta '90 s.r.o.
Snímač hladiny	Echosonic II LU-27	FLOWLINE
Dmychadlo	3D16C	KUBÍČEK VHS, s.r.o.
Aerační elementy	TD 63/2050 D	BIBUS s.r.o.
Filtr mechanických nečistot	AS - REWA filtr	ASIO, spol. s r.o.
Ponorné čerpadlo ATS	1MXH 406 - VMT	Pumpa a.s
Membránová tlaková nádoba	DT5 60/10	Reflex CZ, s.r.o.
Průmyslový tlakový spínač	DMP 331	BD SENSORS s.r.o.
UV lampa	SITA UV 550 LCD	EZV, spol. s r.o.
Průtokoměr	Čidlo typu II	Badger Meter Czech Republic s.r.o.
Solenoidový ventil	SCG238A050	ASCO/JOUMATIC s.r.o.
Plastová popelnice na shrabky	80 l	SULO s.r.o.

Položkový rozpočet technologické linky je zobrazen v tabulce 4.38.

**Tab. 4.38 Rozpočet technologické linky**

Typ zařízení	Počet [ks]	Cena [Kč/ks]	Cena celkem [Kč]
		včetně DPH	
Vyrovňovací, reakční, akumulční nádrž	1	124 500,00	124 500,00
Membránový modul	2	69 000,00	138 000,00
Čerpadlo permeátu	1	6 015,00	6 015,00
Ponorné čerpadlo z akumulční nádrže	1	7 153,00	7 153,00
Zásobní nádrž NaOH	1	1 495,00	1 495,00
Dávkovací čerpadlo NaOH + příslušenství	1	27 037,00	27 037,00
pH sonda	1	2 052,00	2 052,00
Snímač hladiny	3	14 520,00	43 560,00
Dmychadlo	1	36 000,00	36 000,00
Aerační elementy	2	569,00	1 138,00
Filtr mechanických nečistot	1	5 750,00	5 750,00
Ponorné čerpadlo	1	45 968,00	45 968,00
Membránová tlaková nádoba	1	13 527,00	13 527,00
Průmyslový tlakový spínač	1	5 051,00	5 051,00
UV lampa	1	63 180,00	63 180,00
Průtokoměr	1	24 000,00	24 000,00
Solenoidový ventil	3	3 669,00	11 007,00
Plastová popelnice na shrabky	1	936,00	936,00
Potrubí, armatury	-	25 000,00	25 000,00
Elektro instalace	-	50 000,00	50 000,00
<b>Cena celkem [Kč]</b>		<b>631 369,00</b>	

Rozpočet technologické linky byl stanoven na celkovou částku 631 369,00 Kč včetně DPH.

## 4.10 CELKOVÝ ROZPOČET

V tabulce 4.39 je návrh celkového rozpočtu na realizaci systému úpravy šedých vod v objektu na Rašínové v Brně.

Tab. 4.39 Celkový rozpočet

Položka	Cena s DPH [Kč]
Staveništní přesun hmot	996,55
Vnitřní kanalizace	38 469,78
Vnitřní vodovod	43 573,09
Zednické práce	89 969,93
Technologická linka	631 369,00
<b>Cena celkem [Kč]</b>	<b>804 378,35</b>

Celkový rozpočet na tuto realizaci v objektu Rašínova v Brně byl stanoven na celkovou částku 804 378,35 Kč včetně 20 % DPH.

## 4.11 SROVNÁNÍ CEN VODNÉHO A STOČNÉHO

Pro srovnání cen vodného a stočného v České republice jsem vybrala tři největší města:

- Prahu;
- Brno;
- Ostravu.

Ceny vodného a stočného v letech 2004 - 2012 jsem si zjistila na internetových stránkách jednotlivých vodárenských společností. Pro výpočet doby návratnosti investice budu potřebovat odhad vývoje cen vodného a stočného minimálně na příštích 20 let. Po konzultaci na Ústavu stavební ekonomiky a řízení s panem doc. Ing. Vítem Hromádkou, Ph.D. jsem následující léta (2013 – 2030) určila pomocí „lineární regrese“.

### 4.11.1 Vývoj cen vodného a stočného v Praze

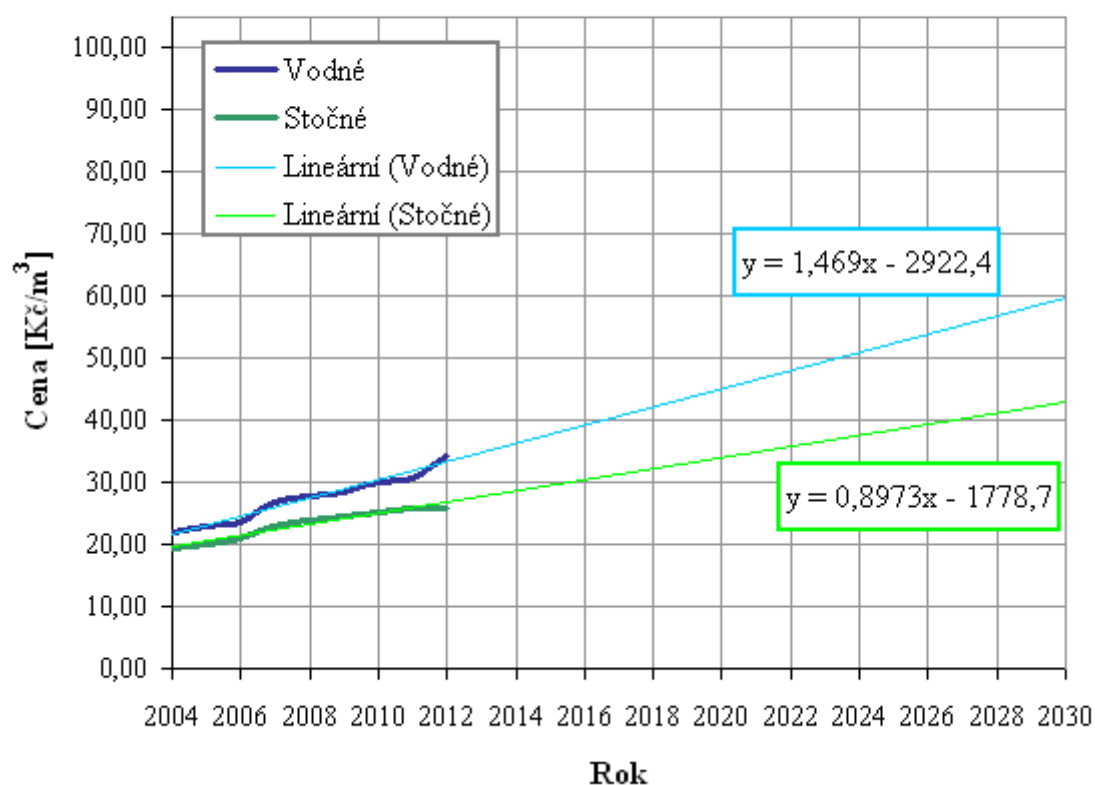
V Praze obstarává dodávku, následné odvádění a čištění vody společnost Pražské vodovody a kanalizace, a.s. (PVK). Tato společnost je součástí skupiny Veolia Voda Česká republika, a.s.

Vývoj cen vodného a stočného v Praze je uveden v následující tabulce (tab. 4.40) a na obrázku 4.34 jsou tyto hodnoty zobrazeny v grafu [47].

**Tab. 4.40 Vývoj cen vodného a stočného v Praze [47]**

Rok	Cena za m <sup>3</sup> v Kč, včetně DPH		Celkem
	Vodné	Stočné	
2004	21,95	19,48	41,43
2005	22,79	19,96	42,75
2006	23,51	20,85	44,36
2007	26,74	22,93	49,67
2008	27,76	23,81	51,57
2009	28,54	24,47	53,01
2010	30,04	25,08	55,12
2011	30,63	25,88	56,51
2012	34,39	26,00	60,39
2013	34,70	27,56	62,26
2014	36,17	28,46	64,63
2015	37,64	29,36	66,99
2016	39,10	30,26	69,36
2017	40,57	31,15	71,73
2018	42,04	32,05	74,09
2019	43,51	32,95	76,46
2020	44,98	33,85	78,83
2021	46,45	34,74	81,19
2022	47,92	35,64	83,56
2023	49,39	36,54	85,92
2024	50,86	37,44	88,29
2025	52,33	38,33	90,66
2026	53,79	39,23	93,02
2027	55,26	40,13	95,39
2028	56,73	41,02	97,76
2029	58,20	41,92	100,12
2030	59,67	42,82	102,49

### Vývoj cen vodného a stočného v Praze



Obr. 4.34 Graf vývoje cen vodného a stočného v Praze

Rovnice regrese pro vodné a stočné v Praze jsou následující:

- vodné

$$y = 1,469 \cdot x - 2922,4; \quad (4.6)$$

- stočné

$$y = 0,8973 \cdot x - 1778,7. \quad (4.7)$$

### 4.11.2 Vývoj cen vodného a stočného v Brně

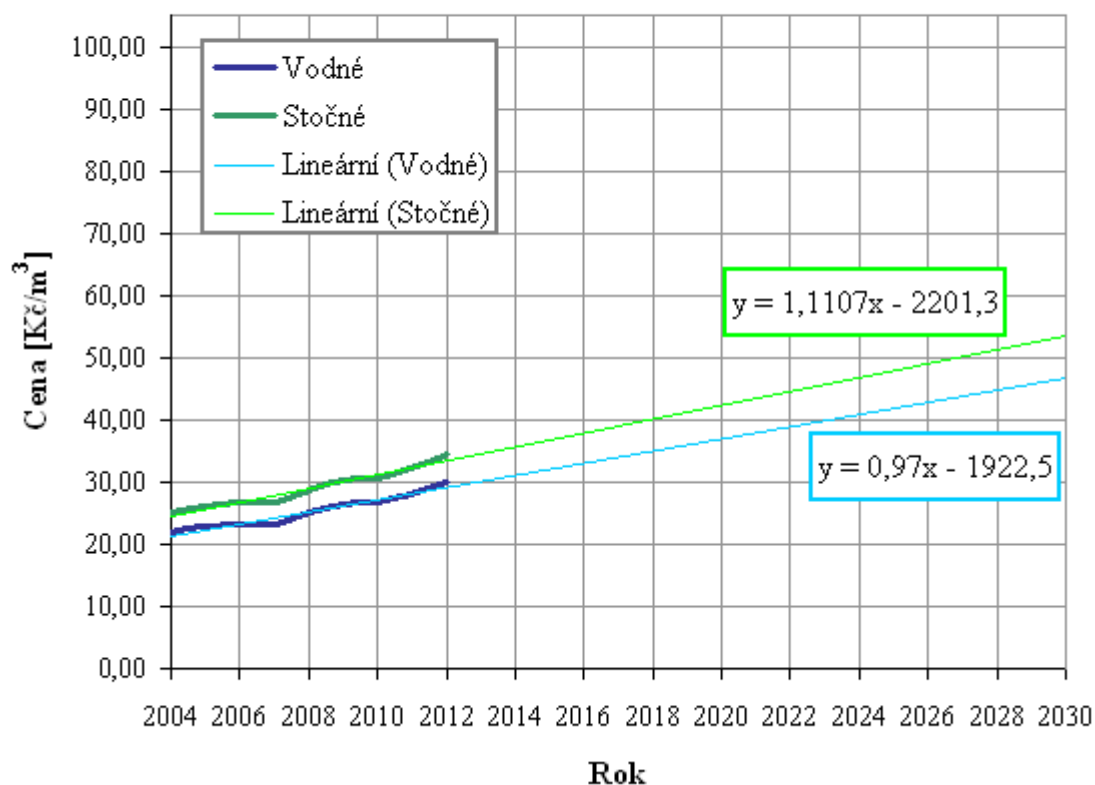
Dodávku pitné vody, odvádění a následné čištění odpadních vod v Brně zajišťuje společnost Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.

V tabulce 4.41, a následně pak na obrázku 4.35 je uveden vývoj cen vodného a stočného v Brně [48].

**Tab. 4.41 Vývoj cen vodného a stočného v Brně [48]**

Rok	Cena za m <sup>3</sup> v Kč, včetně DPH		Celkem
	Vodné	Stočné	
2004	21,88	25,03	46,91
2005	22,77	26,02	48,79
2006	23,32	26,66	49,98
2007	23,32	26,66	49,98
2008	25,18	28,79	53,97
2009	26,45	30,23	56,68
2010	26,70	30,50	57,20
2011	28,06	32,11	60,17
2012	29,99	34,31	64,30
2013	30,11	34,54	64,65
2014	31,08	35,65	66,73
2015	32,05	36,76	68,81
2016	33,02	37,87	70,89
2017	33,99	38,98	72,97
2018	34,96	40,09	75,05
2019	35,93	41,20	77,13
2020	36,9	42,31	79,21
2021	37,87	43,42	81,29
2022	38,84	44,54	83,38
2023	39,81	45,65	85,46
2024	40,78	46,76	87,54
2025	41,75	47,87	89,62
2026	42,72	48,98	91,70
2027	43,69	50,09	93,78
2028	44,66	51,20	95,86
2029	45,63	52,31	97,94
2030	46,60	53,42	100,02

### Vývoj cen vodného a stočného v Brně



Obr. 4.35 Vývoj cen vodného a stočného v Brně

Rovnice regrese pro vodné a stočné v Brně jsou následující:

- vodné

$$y = 0,97 \cdot x - 1922,5; \quad (4.8)$$

- stočné

$$y = 1,1107 \cdot x - 2201,3. \quad (4.9)$$

### 4.11.3 Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě

Společnost Ostravské vodárny a kanalizace, a.s. poskytují služby v oblasti dodávky, odvádění a čištění vody. Město Ostrava v této společnosti vlastní pouze minoritní podíl a výhradně tedy nerozhoduje o výši vodného a stočného. Majoritní podíl vlastní společnost ONDEO (50,07 %) a 12 % vlastní fyzická osoba.

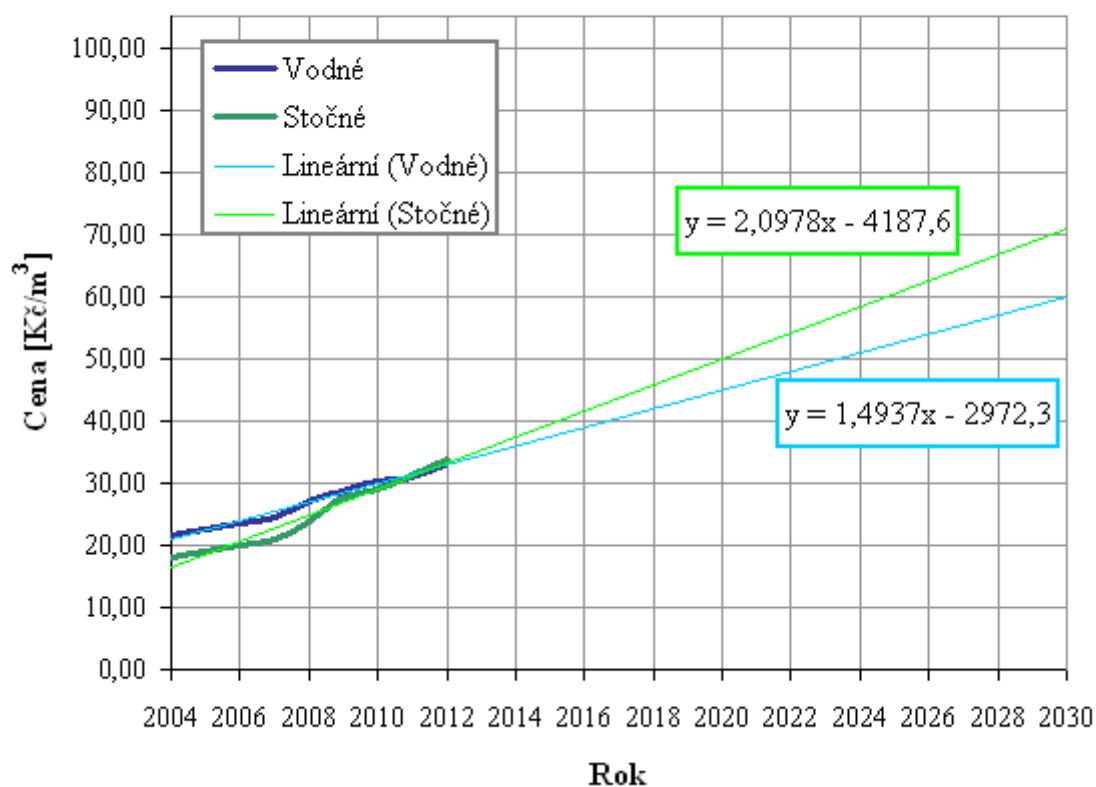
Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě je uveden v tabulce 4.42, a graf z těchto hodnot na obrázku 4.36 [49].

**Tab. 4.42 Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě [49]**

Rok	Cena za m <sup>3</sup> v Kč, včetně DPH		Celkem
	Vodné	Stočné	
2004	21,50	17,99	39,49
2005	22,58	18,89	41,47
2006	23,54	20,02	43,56
2007	24,60	20,93	45,53
2008	27,08	23,98	51,06
2009	28,60	27,58	56,18
2010	30,31	29,12	59,43
2011	31,06	31,31	62,37
2012	33,16	33,93	67,09
2013	34,52	35,27	69,79
2014	36,01	37,37	73,38
2015	37,51	39,47	76,97
2016	39,00	41,56	80,56
2017	40,49	43,66	84,16
2018	41,99	45,76	87,75
2019	43,48	47,86	91,34
2020	44,97	49,96	94,93
2021	46,47	52,05	98,52
2022	47,96	54,15	102,11
2023	49,46	56,25	105,70
2024	50,95	58,35	109,30
2025	52,44	60,44	112,89
2026	53,94	62,54	116,48
2027	55,43	64,64	120,07
2028	56,92	66,74	123,66
2029	58,42	68,84	127,25
2030	59,91	70,93	130,84



### Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě



Obr. 4.36 Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě

Rovnice regrese pro vodné a stočné v Ostravě jsou následující:

- vodné

$$y = 1,4937 \cdot x - 2972,3; \quad (4.10)$$

- stočné

$$y = 2,0978 \cdot x - 4187,6. \quad (4.11)$$

#### 4.11.4 Porovnání cen vodného a stočného v Praze, Brně a Ostravě

Pro přehlednost uvádím v tabulce 4.43 srovnání cen vodného a stočného ve všech třech uvažovaných městech.

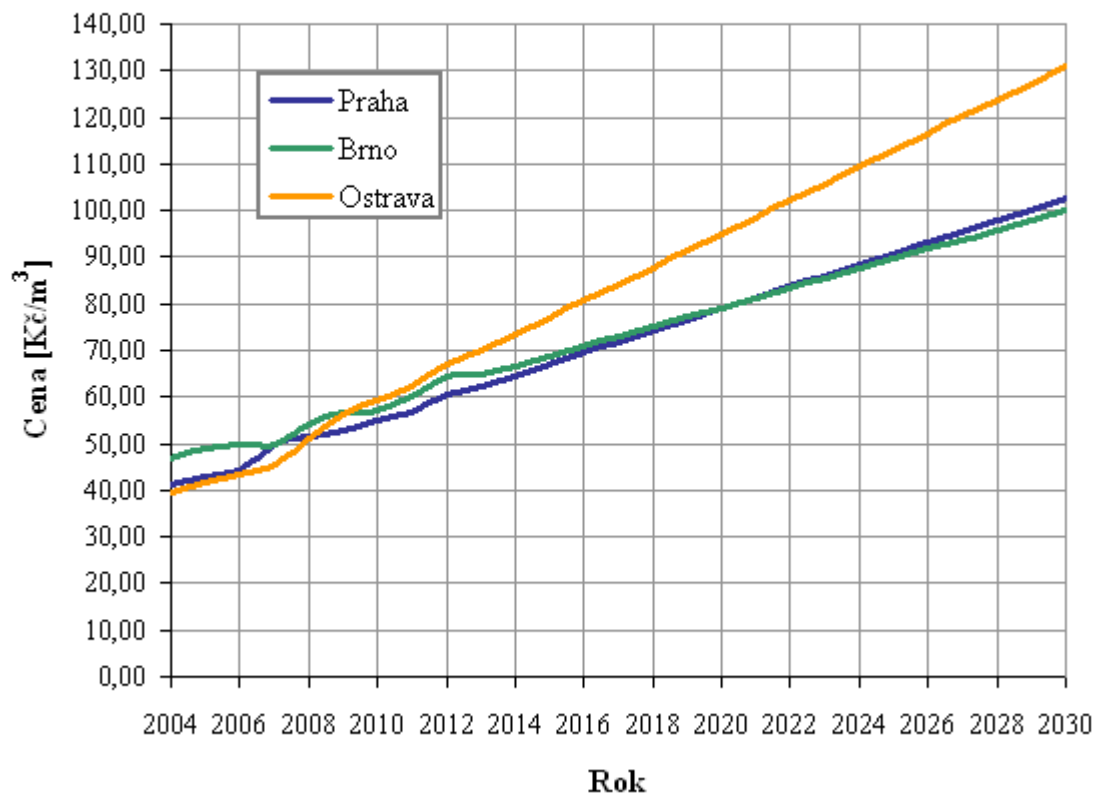
**Tab. 4.43 Srovnání cen vodného a stočného v Praze, Brně a Ostravě**

Rok	Vodné + stočné [Kč]		
	Praha	Brno	Ostrava
2004	41,43	46,91	39,49
2005	42,75	48,79	41,47
2006	44,36	49,98	43,56
2007	49,67	49,98	45,53
2008	51,57	53,97	51,06
2009	53,01	56,68	56,18
2010	55,12	57,20	59,43
2011	56,51	60,17	62,37
2012	60,39	64,30	67,09
2013	62,26	64,65	69,79
2014	64,63	66,73	73,38
2015	66,99	68,81	76,97
2016	69,36	70,89	80,56
2017	71,73	72,97	84,16
2018	74,09	75,05	87,75
2019	76,46	77,13	91,34
2020	78,83	79,21	94,93
2021	81,19	81,29	98,52
2022	83,56	83,38	102,11
2023	85,92	85,46	105,70
2024	88,29	87,54	109,30
2025	90,66	89,62	112,89
2026	93,02	91,70	116,48
2027	95,39	93,78	120,07
2028	97,76	95,86	123,66
2029	100,12	97,94	127,25
2030	102,49	100,02	130,84

Z tabulky 4.43 vyplývá, že nejvyšší nárůst ceny vodného a stočného, které bylo zjištěno pomocí funkce „lineární regrese“, by mělo být ve městě Ostrava.

V grafu, který je zobrazen na obrázku 4. 37, je graficky znázorněno srovnání cen vodného a stočného v jednotlivých městech.

### Porovnání cen vodného a stočného



Obr. 4.37 Porovnání cen vodného a stočného v Praze, Brně a Ostravě

## 4.12 PROVOZNÍ NÁKLADY NA VÝROBU BÍLÉ VODY

Do provozních nákladů na výrobu bílé vody je nutné zahrnout:

- cenu elektrické energie;
- cenu hydroxidu sodného;
- cenu aktivovaného kalu;
- provoz UV lampy.

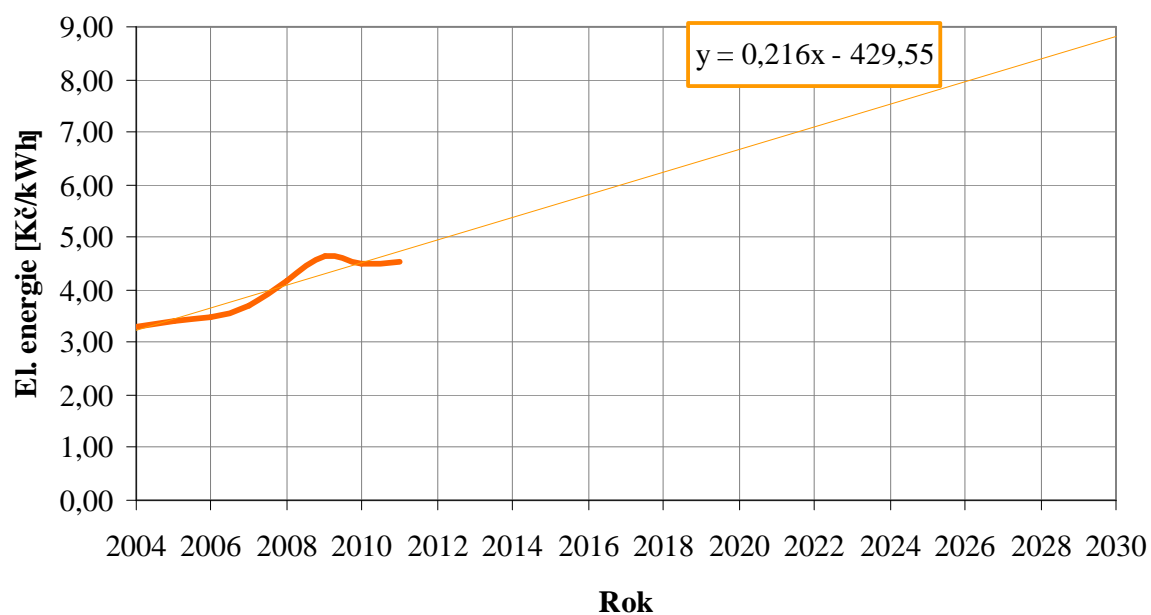
### 4.12.1 Elektrická energie

Ceny elektrické energie v letech 2004 – 2011 jsem našla na internetových stránkách [50]. Pro výpočet návratnosti investice budu potřebovat vývoj cen elektrické energie na dalších 20 let. Tyto hodnoty jsem opět po konzultaci s panem doc. Ing. Vítem Hromádkou, Ph.D. určila pomocí funkce „lineární regrese“. Hodnoty ceny elektrické energie jsou uvedeny v tabulce 4.44, a následně graf je uveden na obrázku 4.38.

**Tab. 4.44 Cena elektrické energie**

Rok	Cena el. energie [Kč/kWh]
2004	3,30
2005	3,40
2006	3,50
2007	3,70
2008	4,16
2009	4,65
2010	4,51
2011	4,54
2012	5,04
2013	5,26
2014	5,47
2015	5,69
2016	5,91
2017	6,12
2018	6,34
2019	6,55
2020	6,77
2021	6,99
2022	7,20
2023	7,42
2024	7,63
2025	7,85
2026	8,07
2027	8,28
2028	8,50
2029	8,71
2030	8,93

## Cena elektrické energie



Obr. 4.38 Předpokládaný vývoj ceny elektrické energie

Rovnice lineární regrese pro vývoj ceny elektrické energie:

$$y = 0,216 \cdot x - 429,55 \quad (4.12)$$

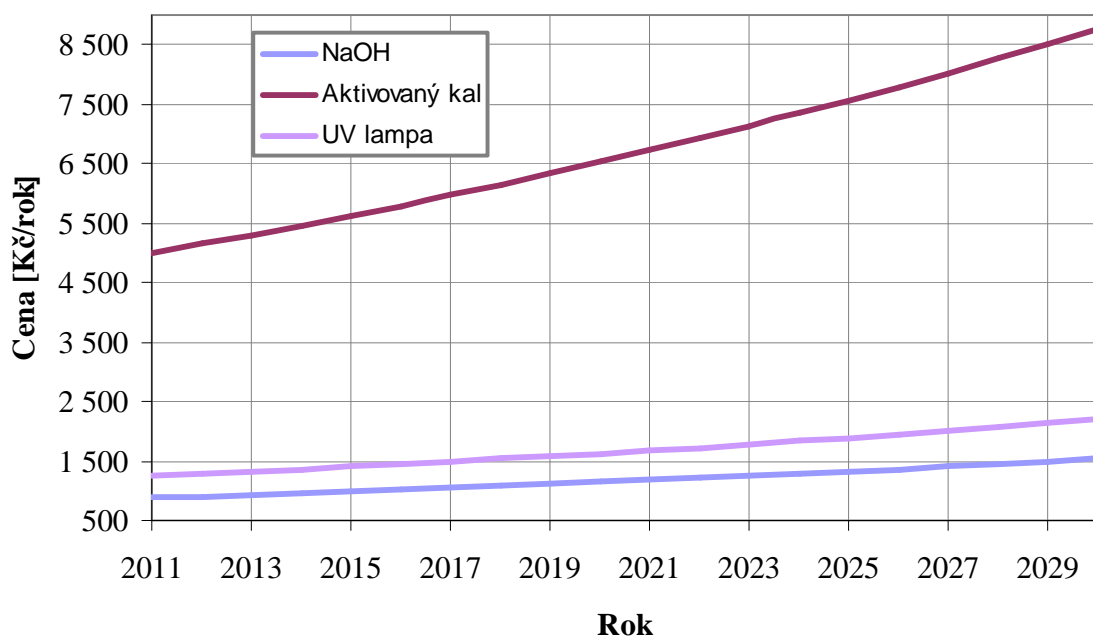
#### 4.12.2 Hydroxid sodný, aktivovaný kal a UV lampa

U hydroxidu sodného NaOH, aktivovaného kalu a UV lampy jsem zjistila provozní náklady pouze pro rok 2011. Následující léta byla zjištěna tak, že k ceně platné v roce 2011 byla připočtena pouze inflace (tab. 4.45). Míru inflace jsem konzultovala s panem doc. Ing. Vítem Hromádkou, Ph.D. z Ústavu stavební ekonomie a řízení. Konstantně byla použita hodnota 3 %. Vývoj cen jednotlivých položek je vykreslen v grafu, který je zobrazen na obrázku 4.39.

**Tab. 4.45 Provozní náklady na NaOH, aktivovaný kal, UV lampu**

Rok	NaOH [Kč/kg]	NaOH [Kč/rok]	Aktivovaný kal [Kč/rok]	UV lampa [Kč/rok]
2011	8,60	878,92	5 000,00	1 250,00
2012	8,86	905,29	5 150,00	1 287,50
2013	9,12	932,45	5 304,50	1 326,13
2014	9,40	960,42	5 463,64	1 365,91
2015	9,68	989,23	5 627,54	1 406,89
2016	9,97	1 018,91	5 796,37	1 449,09
2017	10,27	1 049,48	5 970,26	1 492,57
2018	10,58	1 080,96	6 149,37	1 537,34
2019	10,89	1 113,39	6 333,85	1 583,46
2020	11,22	1 146,79	6 523,87	1 630,97
2021	11,56	1 181,19	6 719,58	1 679,90
2022	11,90	1 216,63	6 921,17	1 730,29
2023	12,26	1 253,13	7 128,80	1 782,20
2024	12,63	1 290,72	7 342,67	1 835,67
2025	13,01	1 329,45	7 562,95	1 890,74
2026	13,40	1 369,33	7 789,84	1 947,46
2027	13,80	1 410,41	8 023,53	2 005,88
2028	14,21	1 452,72	8 264,24	2 066,06
2029	14,64	1 496,30	8 512,17	2 128,04
2030	15,08	1 541,19	8 767,53	2 191,88

### Dílčí provozní náklady



Obr. 4.39 Vývoj ceny dílčích provozních nákladů

### 4.12.3 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody

Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody se skládají z ceny elektrické energie, hydroxidu sodného, aktivovaného kalu a UV lampy. Vypočtené provozní náklady jsou uvedené v tabulce 4.46, a následně pak v grafu (obr. 4.40).

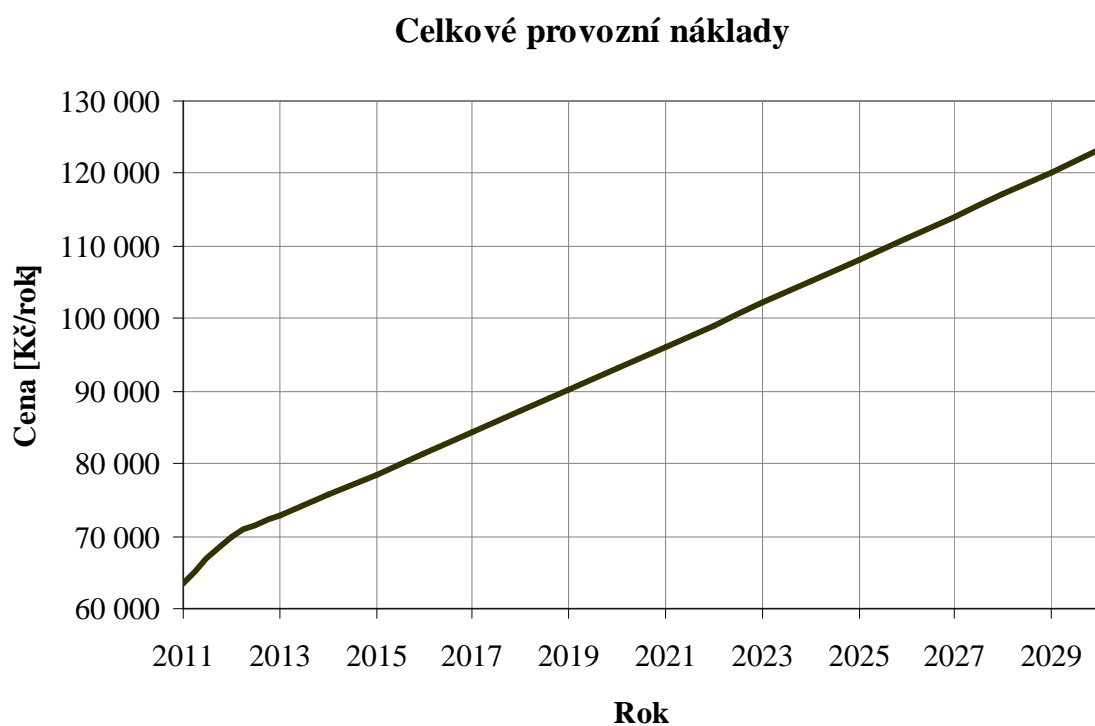
Předpokládá se, že systém na úpravu šedých vod bude v provozu 4380 hod/rok (provozní fond). Instalovaný příkon byl navržen na hodnotu 2,83 kW.

Na obrázku 4.41 je zobrazen vývoj ceny na výrobu bílé vody v čase. V této ceně jsou zahrnuté veškeré provozní náklady, které byly stanoveny dle výše popsaného postupu.

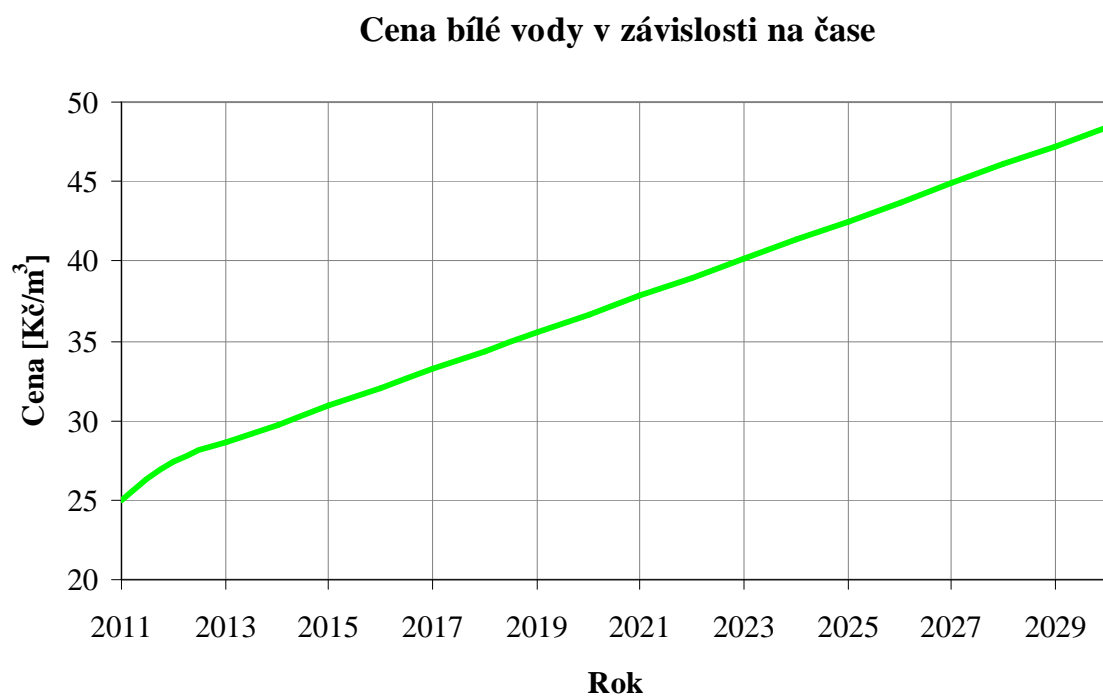
**Tab. 4.46 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody**

Rok	El. energie [Kč/rok]	NaOH [Kč/rok]	Aktivovaný kal [Kč/rok]	UV lampa [Kč/rok]	Provozní náklady [Kč/rok]	Bílá voda [Kč/m <sup>3</sup> ]
2011	56 275,12	878,92	5 000,00	1 250,00	63 404,04	24,94
2012	62 497,61	905,29	5 150,00	1 287,50	69 840,39	27,47
2013	65 175,01	932,45	5 304,50	1 326,13	72 738,08	28,61
2014	67 852,42	960,42	5 463,64	1 365,91	75 642,38	29,75
2015	70 529,83	989,23	5 627,54	1 406,89	78 553,49	30,90
2016	73 207,23	1 018,91	5 796,37	1 449,09	81 471,60	32,04
2017	75 884,64	1 049,48	5 970,26	1 492,57	84 396,94	33,19
2018	78 562,05	1 080,96	6 149,37	1 537,34	87 329,72	34,35
2019	81 239,45	1 113,39	6 333,85	1 583,46	90 270,15	35,50
2020	83 916,86	1 146,79	6 523,87	1 630,97	93 218,48	36,66
2021	86 594,26	1 181,19	6 719,58	1 679,90	96 174,94	37,83
2022	89 271,67	1 216,63	6 921,17	1 730,29	99 139,76	38,99
2023	91 949,08	1 253,13	7 128,80	1 782,20	102 113,21	40,16
2024	94 626,48	1 290,72	7 342,67	1 835,67	105 095,54	41,33
2025	97 303,89	1 329,45	7 562,95	1 890,74	108 087,02	42,51
2026	99 981,30	1 369,33	7 789,84	1 947,46	111 087,92	43,69
2027	102 658,70	1 410,41	8 023,53	2 005,88	114 098,53	44,87
2028	105 336,11	1 452,72	8 264,24	2 066,06	117 119,13	46,06
2029	108 013,52	1 496,30	8 512,17	2 128,04	120 150,02	47,25
2030	110 690,92	1 541,19	8 767,53	2 191,88	123 191,53	48,45





Obr. 4.40 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody



Obr. 4.41 Cena bílé vody v závislosti na čase

### 4.13 SROVNÁNÍ CEN ZA PITNOU VODU BEZ VYUŽITÍ A S VYUŽITÍM SYSTÉMU NA ÚPRAVU ŠEDÝCH VOD

V této podkapitole bych chtěla uvést srovnání cen za pitnou vodu, které Lázně města Brna, p. o. zaplatí bez využití technologie na úpravu šedých vod a kolik by zaplatili, pokud by tuto technologii využívali. Samozřejmě je to pouze předpoklad, protože nyní nelze zjistit, jak se budou vyvíjet ceny vodného a stočného a dalších faktorů, které cenu ovlivňují.

V tabulce 4.47 uvádím cenu za pitnou vodu, pokud technologii na úpravu šedých vod nevyužijí a v tabulce 4.48, pokud by si systém nechali nainstalovat.

**Tab. 4.47 Cena za pitnou vodu bez využití systému na úpravu šedých vod**

Rok	Cena za m <sup>3</sup> v Kč, včetně DPH			Bez využití šedých vod	
	Vodné [Kč]	Stočné [Kč]	Vodné + stočné [Kč]	Spotřeba pitné vody [m <sup>3</sup> /rok]	Cena za pitnou vodu [Kč/rok]
2011	28,06	32,11	60,17	5 034,81	302 944,52
2012	29,99	34,31	64,30		323 738,28
2013	30,11	34,54	64,65		325 495,94
2014	31,08	35,65	66,73		335 971,86
2015	32,05	36,76	68,81		346 447,79
2016	33,02	37,87	70,89		356 923,72
2017	33,99	38,98	72,97		367 399,65
2018	34,96	40,09	75,05		377 875,58
2019	35,93	41,20	77,13		388 351,51
2020	36,9	42,31	79,21		398 827,44
2021	37,87	43,42	81,29		409 303,37
2022	38,84	44,54	83,38		419 779,30
2023	39,81	45,65	85,46		430 255,23
2024	40,78	46,76	87,54		440 731,16
2025	41,75	47,87	89,62		451 207,09
2026	42,72	48,98	91,70		461 683,01
2027	43,69	50,09	93,78		472 158,94
2028	44,66	51,20	95,86		482 634,87
2029	45,63	52,31	97,94		493 110,80
2030	46,6	53,42	100,02		503 586,73

**Tab. 4.48 Cena pitné a bílé vody**

Rok	Cena za m <sup>3</sup> v Kč, včetně DPH			S využitím šedých vod			
	Vodné	Stočné	Vodné stočné	Spotřeba pitné vody [m <sup>3</sup> /rok]	Cena za pitnou vodu [Kč/rok]	Bílá voda [Kč/m <sup>3</sup> ]	Cena vody [Kč/rok]
2011	28,06	32,11	60,17	2 542,59	152 987,64	24,82	216 083,71
2012	29,99	34,31	64,30		163 488,54	27,33	232 989,71
2013	30,11	34,54	64,65		164 376,16	28,47	236 760,94
2014	31,08	35,65	66,73		169 666,52	29,61	244 941,50
2015	32,05	36,76	68,81		174 956,89	30,75	253 128,83
2016	33,02	37,87	70,89		180 247,26	31,89	261 323,14
2017	33,99	38,98	72,97		185 537,62	33,03	269 524,64
2018	34,96	40,09	75,05		190 827,99	34,18	277 733,53
2019	35,93	41,20	77,13		196 118,36	35,33	285 950,06
2020	36,9	42,31	79,21		201 408,72	36,48	294 174,43
2021	37,87	43,42	81,29		206 699,09	37,64	302 406,89
2022	38,84	44,54	83,38		211 989,46	38,80	310 647,69
2023	39,81	45,65	85,46		217 279,83	39,97	318 897,06
2024	40,78	46,76	87,54		222 570,19	41,13	327 155,27
2025	41,75	47,87	89,62		227 860,56	42,30	335 422,59
2026	42,72	48,98	91,70		233 150,93	43,48	343 699,28
2027	43,69	50,09	93,78		238 441,29	44,66	351 985,63
2028	44,66	51,20	95,86		243 731,66	45,84	360 281,92
2029	45,63	52,31	97,94		249 022,03	47,03	368 588,47
2030	46,6	53,42	100,02		254 312,39	48,22	376 905,56

Cena vody [Kč/rok] byla stanovena součtem ceny za pitnou vodu a bílou vodu.

V následující tabulce (tab. 4.49) je pro přehled uvedeno srovnání cen za vodu bez využití a s využitím technologie šedých vod.

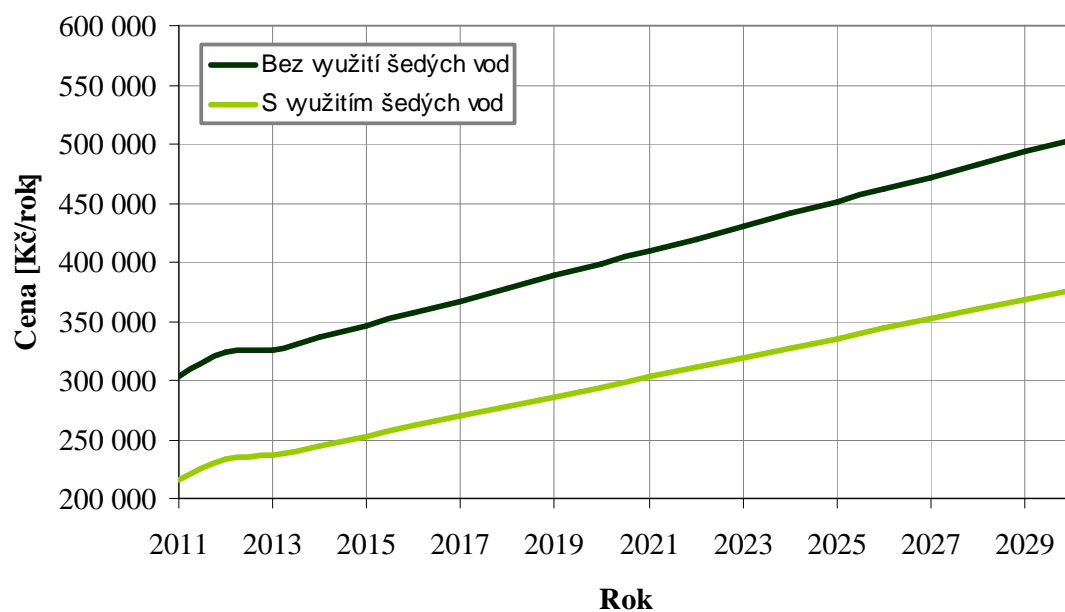
**Tab. 4.49 Úspora pitné vody**

Rok	Cena vody [Kč/rok]		Úspora vody [Kč/rok]
	Bez využití šedých vod	Pitná + bílá voda	
2011	302 944,52	216 083,71	86 860,80
2012	323 738,28	232 989,71	90 748,58
2013	325 495,94	236 760,94	88 734,99
2014	335 971,86	244 941,50	91 030,37
2015	346 447,79	253 128,83	93 318,96
2016	356 923,72	261 323,14	95 600,58
2017	367 399,65	269 524,64	97 875,01
2018	377 875,58	277 733,53	100 142,05
2019	388 351,51	285 950,06	102 401,45
2020	398 827,44	294 174,43	104 653,01
2021	409 303,37	302 406,89	106 896,48
2022	419 779,30	310 647,69	109 131,61
2023	430 255,23	318 897,06	111 358,17
2024	440 731,16	327 155,27	113 575,88
2025	451 207,09	335 422,59	115 784,50
2026	461 683,01	343 699,28	117 983,74
2027	472 158,94	351 985,63	120 173,32
2028	482 634,87	360 281,92	122 352,95
2029	493 110,80	368 588,47	124 522,34
2030	503 586,73	376 905,56	126 681,17

Cenu pitné + bílé vody [Kč/rok] jsem stanovila součtem ceny za pitnou vodu a ceny za výrobu bílé vody.

V grafu, který je zobrazen na obrázku 4.42, jsou pro přehlednost uvedeny náklady na vodu bez využití a s využitím systému na úpravu šedých vod.

### Srovnání nákladů na vodu



Obr. 4.42 Srovnání nákladů na vodu

## 4.14 VÝPOČET DOBY NÁVRATNOSTI INVESTICE

Tento výpočet jsem konzultovala s panem doc. Ing. Vítem Hromádkou, Ph.D. a je uveden v tabulce 4.50.

**Tab. 4.50 Výpočet doby návratnosti investice**

Rok	Úspora [Kč]	Kumulované peněžní toky [Kč]	Diskontní faktor	Diskontovaný peněžní tok [Kč]	Diskontovaná doba návratnosti [Kč]	Čistá současná hodnota [Kč]
2012	90 748,58	-713 629,77	0,92	83 909,92	83 909,92	-720 468,43
2013	88 734,99	-624 894,78	0,85	75 865,07	159 774,99	-644 603,36
2014	91 030,37	-533 864,41	0,79	71 962,58	231 737,57	-572 640,78
2015	93 318,96	-440 545,45	0,73	68 212,47	299 950,04	-504 428,31
2016	95 600,58	-344 944,87	0,68	64 614,19	364 564,23	-439 814,12
2017	97 875,01	-247 069,86	0,62	61 166,37	425 730,60	-378 647,75
2018	100 142,05	-146 927,81	0,58	57 866,98	483 597,58	-320 780,77
2019	102 401,45	-44 526,36	0,53	54 713,43	538 311,01	-266 067,34
2020	104 653,01	60 126,65	0,49	51 702,67	590 013,68	-214 364,67
2021	106 896,48	167 023,13	0,46	48 831,28	638 844,97	-165 533,38
2022	109 131,61	276 154,74	0,42	46 095,53	684 940,50	-119 437,85
2023	111 358,17	387 512,91	0,39	43 491,44	728 431,94	-75 946,41
2024	113 575,88	501 088,79	0,36	41 014,87	769 446,81	-34 931,54
2025	115 784,50	616 873,29	0,33	38 661,53	808 108,34	3 729,99
2026	117 983,74	734 857,03	0,31	36 427,07	844 535,41	40 157,06
2027	120 173,32	855 030,34	0,29	34 307,07	878 842,49	74 464,14
2028	122 352,95	977 383,29	0,26	32 297,10	911 139,59	106 761,24
2029	124 522,34	1 101 905,63	0,24	30 392,74	941 532,33	137 153,98
2030	126 681,17	1 228 586,80	0,23	28 589,60	970 121,93	165 743,58

Vysvětlení jednotlivých veličin z tabulky 4.50:

- kumulované peněžní toky [Kč] = úspora vody [Kč] za předešlé roky – investiční náklady;
- reálná diskontní sazba = 5 %;
- nominální diskontní sazba RN

$$RN = (1 + r) \cdot (1 + IE) - 1 \quad (4.13)$$

r = reálná diskontní sazba (5 %)

IE = inflační koeficient (3 %);

- diskontní faktor DF

$$DF = \frac{1}{(1 + RN)^i} \quad (4.14)$$

RN = nominální diskontní sazba

i = příslušný i-tý rok;

- diskontovaný peněžní tok DPK [Kč]

$$DPK = \frac{NCF}{(1 + RN)^i} \quad (4.15)$$

NCF = úspora vody [Kč]

RN = nominální diskontní sazba

i = příslušný i-tý rok;

- diskontovaná doba návratnosti PV [Kč]

$$PV = \sum \frac{NCF}{(1 + RN)^i} \quad (4.16)$$

NCF = úspora vody [Kč]

RN = nominální diskontní sazba

i = příslušný i-tý rok;

- čistá současná hodnota ČSH [Kč]

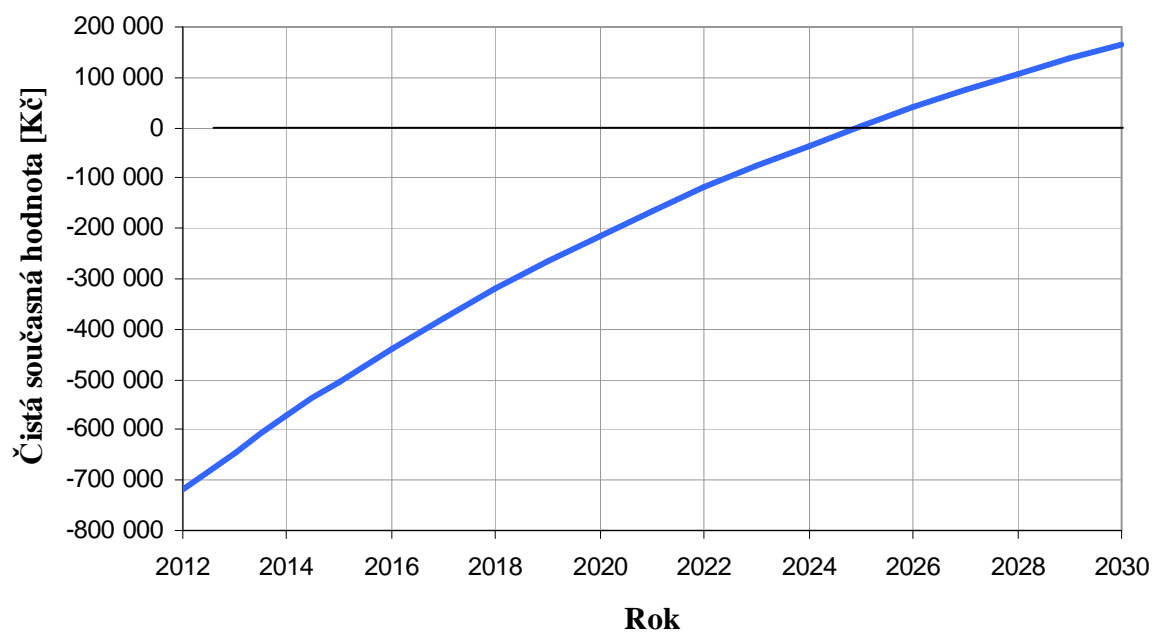
$$\check{C}SH = PV - IN \quad (4.17)$$

PV = diskontovaná doba návratnosti [Kč]

IN = investiční náklady (804 378,35 Kč)

Do výpočtu doby návratnosti investice nebyly započteny celkové zisky a náklady objektu, jsou zde zahrnuty pouze zisky a náklady spojené s technologií na úpravu šedých vod. Tím, že využijí šedou vodu, dochází k úspoře pitné vody a tím menším nákladům na vodu pitnou. Z této úspory je pak uvažovaná návratnost investice. Z tabulky 4.50 je patrné, že tato investice se jim začne rentovat v roce 2025, pokud by byla technologie na úpravu šedých vod instalována na začátku roku 2012. Na obrázku 4.43 je vykreslen graf čisté současné hodnoty (doby návratnosti investice) v závislosti na čase.

### Čistá současná hodnota v závislosti na čase



Obr. 4.43 Čistá současná hodnota v závislosti na čase



## 5 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabývala novou možností, jak snížit spotřebu pitné vody. Tato možnost šetření tkví v úpravě šedých vod na vodu užitkovou, tzv. bílou vodu. Cílem práce bylo vypracovat rešerši na dané téma, uvést konkrétní příklady využití šedých vod a návrh technologie na úpravu šedých vod ve vybraném objektu.

První částí diplomové práce byla rešerše. V České republice prozatím není toto téma moc aktuální, neboť se zatím nepotýkáme s nedostatkem vodních zdrojů. U nás v současnosti neexistuje žádná platná norma ani předpisy, proto jsem čerpala hlavně ze zahraniční literatury, např. britské normy BS 8525 – 1:2010.

Pro část, ve které jsem měla uvést názorné příklady využití šedých vod, jsem získala informace ke třem případům. V České republice je tato technologie využívána v hotelu Mosaic House v Praze. V tomto hotelu je nainstalován dvojité systém vodovodních a kanalizačních trubek, kde je oddělována šedá voda, která je poté odváděna do speciálního zařízení, kde probíhá její úprava. Vyčištěná voda, tzv. bílá voda je rozváděna na splachování WC a do úklidových komor, kde je odebírána pro potřeby úklidu.

Druhý příklad pochází z Francie, kde byla tato technologie instalována v rodinném domě. Voda je sbírána ze sprchy a umyvadel a po proběhnutí úpravy této vody je využívána na praní prádla a zalévání zahrady. Po zapojení systému do provozu, zde probíhala řada kontrolních měření a rozborů, které ukázaly, že bílou vodu je možné používat jako vodu užitkovou v oblastech, kde není nutné použití vody pitné.

Posledním příkladem využívání šedých vod v této diplomové práci je hotel Am Kurpark v Německu. Zde se upravuje voda z vypouštěných van, sprch a umyvadel, která se svou kvalitou blíží ke kvalitě vody pitné. Upravená voda je zde využívána ke splachování toalet, zalévání zeleně a praní.

Návrh technologie na úpravu šedých vod jsem navrhovala pro areál plaveckého bazénu v Brně v ulici Rašínova. Pro tento objekt jsem navrhla nové rozvody pro přívod bílé vody k toaletám a pisoárům, částečně nové potrubí k odvádění šedých vod a technologii sloužící k úpravě šedých vod.

Potrubí pro rozvod bílé vody jsem navrhla z polypropylenu PPR a potrubí pro odvádění šedých vod z polypropylenu HT systém.

Technologická linka sloužící k úpravě šedých vod na vodu bílou bude složena z několika samostatných zařízení a z prostorových důvodů sestavena až přímo na místě.

Po provedení návrhu celého systému na úpravu šedých vod jsem určila rozpočet celé výstavby a poté návratnost vložené investice.

Celkovou investici na provedení výstavby systému v objektu plaveckého bazénu jsem stanovila na částku 804 378,35 Kč včetně 20 % DPH. Pokud by systém na využívání šedých vod byl zařazen do provozu již na začátku roku 2012, prvotní investice by se vrátila již v roce 2025.

Na tomto příkladu je patrné, že využívání šedých vod má smysl. Návratnost investice na technologii v tomto objektu je vypočtena na 13 let. Vzhledem k předpokladu, že je očekáván nárůst cen vodného a stočného, budou mít dle mého názoru obdobné systémy pro recyklaci vody svůj význam především v budoucnosti.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] PLOTĚNÝ, Karel. *Dělení vod, bílé a šedé vody - nové poznatky a možnosti využití. Sborník semináře Vodohospodářské chuťovky*. 2011, s. 21 – 27.
- [2] *E-voda* [online]. 2009 [cit. 2011-03-14]. Decentralizované odvádění a opětovné využití odpadních vod v praxi. Dostupné z WWW: <<http://www.e-voda.cz/vytisknout-clanek/69>>.
- [3] *Bauen.de* [online]. 2009 [cit. 2011-03-29]. Grauwater nutzen und doppelt sparen. Dostupné z WWW: <<http://www.bauen.de/ratgeber/neue-energien-umwelt/energiesparen/wasser-sparen/artikel/artikel/grauwasser-nutzen-und-doppelt-sparen.html>>.
- [4] *Greywateraction.org* [online]. 2009 [cit. 2011-03-29]. About greywater reuse. Dostupné z WWW: <<http://greywateraction.org/content/about-greywater-reuse>>.
- [5] *BS 8525 – 1:2010: Greywater systems. Code of practice*. Velká Británie, 2010. 54 s.
- [6] *Příroda.cz* [online]. 2006 [cit. 2011-06-26]. Kořenová čistírna odpadních vod. Dostupné z WWW: <<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=663>>.
- [7] *Rybníkar.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-07-19]. Kořenové čistírny odpadních vod pro obce. Dostupné z WWW: <<http://www.rybníkar.cz/obecni-korenove-cistirny/>>.
- [8] BIELA, Renata; RACLAVSKÝ, Jaroslav; HLUŠTÍK, Petr; RAČEK, Jakub. *Sborník konference Vodní systém měst zatížený významnými antropogenními změnami: Problematika využití šedých a dešťových vod v budovách*. Praha: ČVUT PRAHA, 2011. 16-21 s. ISBN 978-80-01-04819-1.
- [9] IMateriály [online]. 2010 [cit. 2011-11-28]. MOSAIC HOUSE – první instalace recyklace a rekuperace šedé vody v ČR. Dostupné z WWW: <<http://www.imaterialy.cz/Projekty/MOSAIC-HOUSE-prvni-instalace-recyklace-a-rekuperace-sede-vody-v-CR.html>>.
- [10] VERNER, Martin. MOZAIKA nápadů a přístupů. Hotel & Spa. 2011, 1-2, s. 18-19.
- [11] *Hotel-rn.com* [online]. 2011 [cit. 2011-11-28]. Mosaic House Hotel. Dostupné z WWW: <<http://www.hotel-rn.com/hw/a347681/index.htm?lbl=ggl>>.
- [12] BIELA, Renata. Zpráva z exkurze v hotelu Mosaic House v Praze. VUT Brno : Fakulta stavební - Ústav vodního hospodářství obcí, , 2011. 5 s.
- [13] *Tzb-info.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-05-30]. Zpětné využití šedé vody v budovách. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/5501-zpetne-vyuziti-sede-vody-v-budovach>>.
- [14] *Rašínova* [online]. 2006 [cit. 2011-11-10]. Lázně města Brna, p. o. Dostupné z WWW: <<http://www.lazne-brno.cz/?show=rasinova>>.
- [15] *Hydrobiologie* [online]. 2009 [cit. 2011-12-02]. Stanovení obsahu sloučenin dusíku ve vodách. Dostupné z WWW: <[http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/03\\_metody\\_stanoveni\\_obsahu\\_%20dusiku.pdf](http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/03_metody_stanoveni_obsahu_%20dusiku.pdf)>.
- [16] *Enviwiki* [online]. 2011 [cit. 2011-12-02]. BSK. Dostupné z WWW: <<http://www.enviwiki.cz/wiki/BSK>>.

- [17] *Zkratky* [online]. 2009 [cit. 2011-12-02]. CHSK-Cr. Dostupné z WWW: <<http://www.zkratky.cz/CHSK-Cr/16758>>.
- [18] *Hydrobiologie* [online]. 2009 [cit. 2011-12-02]. Stanovení obsahu sloučenin fosforu ve vodách. Dostupné z WWW: <[http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/04\\_metody\\_stanoveni\\_obsahu\\_fosforu.pdf](http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/04_metody_stanoveni_obsahu_fosforu.pdf)>.
- [19] *Wikipedie* [online]. 2011 [cit. 2011-12-02]. PH. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/PH>>.
- [20] *Projekty SIPVZ* [online]. 2006 [cit. 2011-12-02]. Anionaktivní tenzidy. Dostupné z WWW: <<http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=400>>.
- [21] *Toxikon* [online]. 2009 [cit. 2011-12-02]. Escherichia coli. Dostupné z WWW: <[http://www.biotox.cz/toxikon/bakterie/bakterie/escherichia\\_coli.php](http://www.biotox.cz/toxikon/bakterie/bakterie/escherichia_coli.php)>.
- [22] *Mikrobiologie* [online]. 2006 [cit. 2011-12-02]. Enterokoky. Dostupné z WWW: <<http://old.lf3.cuni.cz/mikrobiologie/rep/enteroko.htm>>.
- [23] *Vítejte na Zemi* [online]. 2008 [cit. 2011-12-02]. Koliformní bakterie. Dostupné z WWW: <<http://vitejtenazemi.cenia.cz/slovník/index.php?article=21>>.
- [24] *Mikrobiologie* [online]. 2006 [cit. 2011-12-02]. Pseudomonas aeruginosa. Dostupné z WWW: <<http://old.lf3.cuni.cz/mikrobiologie/rep/psae.htm>>.
- [25] Česká republika. Sbírka zákonů č. 252/2004. In: Praha: Ministerstvo vnitra, 2004.
- [26] ČSN EN 12056-2 (756760) : Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy - Část 2: Odvádění splaškových odpadních vod - Navrhování a výpočet. Praha: Český normalizační institut, 2001. 40 s.
- [27] ČSN 75 5455 : Výpočet vnitřních vodovodů. Praha: Český normalizační institut, 2007. 52 s.
- [28] ASIO, spol. s r.o. [online]. 2011 [cit. 2011-12-07]. AS-REWA. Dostupné z WWW: <<http://www.asio.cz/cz/as-rewa>>.
- [29] AQUA product [online]. 2006 [cit. 2011-12-03]. Příslušenství k dávkovacím čerpadlům - zásobní nádrže. Dostupné z WWW: <<http://www.aquaproduct.cz/zasobni-pe-nadrze--davkovani-chemikalii-p>>.
- [30] IMU service [online]. 2008 [cit. 2011-12-03]. Čerpadlo MB . Dostupné z WWW: <<http://davkovaci-cerpadla.imu.cz/sortiment/davkovaci-cerpadla-membranova-mechanicka-saci-pohyb-pruzinou/cerpadlo-mb.html>>.
- [31] KSB – PUMPY + ARMATURY [online]. 2008 [cit. 2011-12-03]. Ponorná čerpadla na čistou nebo znečištěnou vodu. Dostupné z WWW: <[http://ksb.com/ksb/web/CZ/cs/company/products/02\\_\\_waste\\_\\_water/1\\_\\_overview/overview\\_\\_art.html](http://ksb.com/ksb/web/CZ/cs/company/products/02__waste__water/1__overview/overview__art.html)>.
- [32] ASIO, spol. s r.o. [online]. 2010 [cit. 2011-12-03]. První realizace membránové ČOV v ČR. Dostupné z WWW: <<http://www.asio.cz/cz/37.prvni-realizace-membranove-cov-v-cr>>.
- [33] SiClaro pure water [online]. 2006 [cit. 2011-12-03]. Daten-und Auslegungsblatt für siClaro. Dostupné z WWW: <<http://www.siclaro.ch/de/produkte/downloads/Membran/siClaro-Membranfilter.pdf>>.

- [34] *KUBÍČEK VHS, s. r. o.* [online]. 2007 [cit. 2011-12-03]. Dmychadla a soustrojí dmychadel 3D16C až 3D90C. Dostupné z WWW: <<http://www.kubicekvhs.cz/cz/produkty/standardni-produktove-rady/dmychadla-3d16c-az-3d90c.html>>.
- [35] *Calpeda* [online]. 2011 [cit. 2011-12-03]. Samonasávací čerpadla s paprskovým oběžným kolem. Dostupné z WWW: <http://www.pumpa.cz/cz/ca-samonasavaci-cerpadla-s-paprskovym-obeznym-kolem>.
- [36] *Calpeda* [online]. 2004-2011 [cit. 2011-12-03]. 1-MXH VMT, VTT. Dostupné z WWW: <<http://www.pumpa.cz/cz/1-mxh-vmt-vtt>>.
- [37] *Reflex* [online]. 2006-2011 [cit. 2011-12-03]. Expanzní nádoby Refix DT5. Dostupné z WWW: <<http://www.reflexcz.cz/cz/expanzni-nadoby-refix-dt5>>.
- [38] *BD SENSORS* [online]. Tlakoměrná technika. [cit. 2012-01-04]. Dostupné z: [http://www.bdsensors.cz/download/datasheet\\_dmp\\_331\\_cs\\_004.pdf](http://www.bdsensors.cz/download/datasheet_dmp_331_cs_004.pdf)
- [39] *EZV* [online]. 2011 [cit. 2011-12-03]. UV Lampy SITA. Dostupné z WWW: <<http://www.ezv.sk/uv-lampy/58-uv-lampy-sita-seria-lcd>>.
- [40] *Theta 90* [online]. 2010 [cit. 2011-12-07]. PH elektrody průmyslové kombinované. Dostupné z WWW: <[http://www.theta90.cz/data/mod\\_redaction\\_adv/2/down/ph-prum.pdf](http://www.theta90.cz/data/mod_redaction_adv/2/down/ph-prum.pdf)>.
- [41] *FLOWLINE* [online]. Products Level Transmitters. [cit. 2012-01-04]. Dostupné z: <http://www.flowline.com/level-transmitters.php>
- [42] *BIBUS* [online]. 2009 [cit. 2011-12-04]. Trubkový difuzor TD 63. Dostupné z WWW: <[http://new.bibus.cz/pdf/Secoh/trubkove\\_difuzory\\_TD\\_63.pdf](http://new.bibus.cz/pdf/Secoh/trubkove_difuzory_TD_63.pdf)>.
- [43] *Systémy pro měření průtoku (katalog)*. Brno : Badger Meter Czech Republic s.r.o., 2006. 63 s.
- [44] *Ascojoucomatic* [online]. 2009 [cit. 2011-12-04]. Solenoidové ventily. Dostupné z WWW: <<http://www.ascojoucomatic.cz/data/dokumenty/V311-00039cz.pdf>>.
- [45] *Popelnice shop* [online]. 2010 [cit. 2011-12-07]. Popelnice plastová 80 l - dvoukolečková, černá. Dostupné z WWW: <<http://www.popelnice-kontejner.cz/popelnice-plastova-80l--dvoukoleckova-cerna-d-116.html>>.
- [46] *Ceník ÚRS 800 - 721*. Praha: ÚRS PRAHA, a.s., 2011.
- [47] *Pražské vodovody a kanalizace, a.s.* [online]. 2011 [cit. 2011-12-16]. Vývoj vodného a stočného v Praze. Dostupné z WWW: <<http://www.pvk.cz/vyvoj-vodneho-a-stocneho-v-praze.html>>.
- [48] *Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.* [online]. 2011 [cit. 2011-12-16]. Vodné a stočné v městě Brně. Dostupné z WWW: <<http://www.bvk.cz/cenik/vodne-a-stocne/>>.
- [49] *Vodárenství* [online]. 2011 [cit. 2011-12-16]. Vodné, stočné. Dostupné z WWW: <<http://vodarenstvi.com/mesto-ostrava/vodne-stocne.php>>.
- [50] *Ceny energie* [online]. 2011 [cit. 2011-12-16]. Jak se vyvíjí průměrná cena elektřiny?. Dostupné z WWW: <<http://www.cenyenergie.cz/jak-se-vyviji-prumerna-cena-elekriny.aspx>>.

## SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Složení žluté odpadní vody .....	2
Tab. 2.2 Orientační hodnoty pro monitorování obecného systému .....	9
Tab. 2.3 Hodnoty BSK <sub>5</sub> , CHSK a množství plovoucích látek v šedých vodách .....	10
Tab. 2.4 Plán údržby .....	12
Tab. 3.1 Výsledky rozboru šedé vody .....	21
Tab. 3.2 Výsledky rozboru upravené vody .....	22
Tab. 3.3 Srovnání tabulkových hodnot a hodnot naměřených na ČOV v Euchenu .....	25
Tab. 3.4 Bilance spotřeby pitné vody .....	26
Tab. 3.5 Bilance spotřeby bílé vody .....	26
Tab. 4.1 Specifická potřeba vody v jednotlivých zařizovacích předmětech .....	32
Tab. 4.2 Sběr šedých vod (varianta I) .....	33
Tab. 4.3 Dodávka bílé vody (varianta I) .....	33
Tab. 4.4 Sběr šedých vod (varianta II) .....	35
Tab. 4.5 Dodávka bílé vody (varianta II) .....	35
Tab. 4.6 Sběr šedých vod (varianta III) .....	37
Tab. 4.7 Dodávka bílé vody (varianta III) .....	37
Tab. 4.8 Výsledky zkoušení chemického rozboru .....	42
Tab. 4.9 Výsledky zkoušení mikrobiologického rozboru .....	43
Tab. 4.10 Zhodnocení kvality šedé vody s BS 8525 – 1:2010 .....	44
Tab. 4.11 Zhodnocení kvality šedé vody dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. ....	44
Tab. 4.12 Výpočet celkového průtoku šedých vod .....	45
Tab. 4.13 Jmenovité světlosti potrubí PP HT .....	45
Tab. 4.14 Výňatek z tabulky pro jmenovitý průtok a součinitele výtoku .....	47
Tab. 4.15 Navržené jmenovité světlosti .....	48
Tab. 4.16 Výpis materiálu a armatur pro vnitřní kanalizaci .....	49
Tab. 4.17 Výpis materiálu a armatur pro vnitřní vodovod .....	49
Tab. 4.18 Technické údaje navržené zásobní nádrže .....	51
Tab. 4.19 Navržený typ dávkovacího čerpadla .....	52
Tab. 4.20 Technické údaje ponorného čerpadla .....	53
Tab. 4.21 Parametry membránového modulu .....	53
Tab. 4.22 Rozměry dmyhadla .....	54
Tab. 4.23 Tabulka výkonu dmyhadla .....	55
Tab. 4.24 Materiálové provedení čerpadla .....	56

Tab. 4.25 Rozměry a hmotnost čerpadla.....	56
Tab. 4.26 Technické parametry nádoby .....	59
Tab. 4.27 technické parametry UV lampy .....	60
Tab. 4.28 Rozměry trubkového difuzoru .....	62
Tab. 4.29 Parametry difuzoru.....	62
Tab. 4.30 Rozměry průtokoměru .....	63
Tab. 4.31 Rozměry solenoidového ventilu.....	64
Tab. 4.32 Rozpočet vnitřní kanalizace .....	67
Tab. 4.33 Rozpočet vnitřního vodovodu .....	68
Tab. 4.34 Rozpočet – zednické práce.....	69
Tab. 4.35 Rozpočet – staveništní přesun hmot.....	69
Tab. 4.36 Celkový rozpočet s 20 % DPH .....	70
Tab. 4.37 Přehled výrobců .....	71
Tab. 4.38 Rozpočet technologické linky .....	72
Tab. 4.39 Celkový rozpočet .....	73
Tab. 4.40 Vývoj cen vodného a stočného v Praze .....	74
Tab. 4.41 Vývoj cen vodného a stočného v Brně .....	76
Tab. 4.42 Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě .....	78
Tab. 4.43 Srovnání cen vodného a stočného v Praze, Brně a Ostravě .....	80
Tab. 4.44 Cena elektrické energie .....	82
Tab. 4.45 Provozní náklady na NaOH, aktivovaný kal, UV lampu .....	84
Tab. 4.46 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody .....	86
Tab. 4.47 Cena za pitnou vodu bez využití systému na úpravu šedých vod .....	88
Tab. 4.48 Cena pitné a bílé vody.....	89
Tab. 4.49 Úspora pitné vody .....	90
Tab. 4.50 Výpočet doby návratnosti investice .....	92

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Způsob značení na místech používání bílé vody .....	4
Obr. 2.2 Kořenová ČOV .....	7
Obr. 2.3 Testování barvivem křížového napojení potrubí .....	15
Obr. 3.1 Hotel Mosaic House v Praze .....	16
Obr. 3.2 Pokoje v hotelu Mosaic House.....	17
Obr. 3.3 Vlevo: Filtr na zachycení hrubých nečistot (modrá nádoba) a za ním se nacházejí tanky s molitanovou drť. Vpravo: Molitanová drť .....	18
Obr. 3.4 Dezinfekce UV zářením.....	19
Obr. 3.5 Čerpadla .....	19
Obr. 3.6 Zařízení na úpravu šedé vody .....	20
Obr. 3.7 Možnost napojení pitné a recyklované vody v domě.....	21
Obr. 3.8 Instalované vodoměry .....	23
Obr. 3.9 Graf naměřených teplot (15.2. - 1.3.).....	23
Obr. 3.10 Graf naměřených teplot (1.3. - 15.3.).....	24
Obr. 4.1 Lázně města Brna - areál Rašínova.....	28
Obr. 4.2 Uvažované místo pro umístění jednotky na úpravu šedých vod.....	29
Obr. 4.3 Filtry na úpravu bazénové vody.....	29
Obr. 4.4 Chlorovna.....	30
Obr. 4.5 Plavecký bazén.....	31
Obr. 4.6 Wellness centrum.....	31
Obr. 4.7 Pohled na 1. NP a 1. PP .....	32
Obr. 4.8 Schéma recyklace vody v budově – varianta I.....	34
Obr. 4.9 Schéma recyklace vody v budově – varianta II .....	36
Obr. 4.10 Schéma recyklace vody v budově – varianta III .....	38
Obr. 4.11 Schéma nejčastěji stanovovaných forem dusíku.....	40
Obr. 4.12 Schéma nejčastěji stanovovaných forem fosforu .....	41
Obr. 4.13 Dodecylsulfát sodný.....	41
Obr. 4.14 Escherichia coli .....	43
Obr. 4.15 Zásobní nádrž .....	51
Obr. 4.16 Dávkovací čerpadlo.....	52
Obr. 4.17 Ponorné čerpadlo.....	52
Obr. 4.18 Membránový modul .....	53
Obr. 4.19 Vysvětlení parametrů z tab. 4. 22 .....	55

Obr. 4.20 Vysvětlení jednotlivých parametrů z tab. 4. 25 .....	57
Obr. 4.21 Pracovní oblast čerpadla .....	57
Obr. 4.22 Ponorné čerpadlo ATS .....	58
Obr. 4.23 Pracovní oblast ATS .....	58
Obr. 4.24 Tlaková expanzní nádoba.....	59
Obr. 4.25 Průmyslový tlakový snímač .....	60
Obr. 4.26 Základní provedení sondy .....	61
Obr. 4.27 Snímač hladiny.....	61
Obr. 4.28 Schéma trubkové difuzoru .....	62
Obr. 4.29 Indukční průtokoměr.....	63
Obr. 4.30 Rozměry průtokoměru .....	63
Obr. 4.31 Solenoidový ventil .....	64
Obr. 4.32 Vysvětlení jednotlivých parametrů z tabulky 4.31 .....	65
Obr. 4.33 Plastová popelnice.....	65
Obr. 4.34 Graf vývoje cen vodného a stočného v Praze .....	75
Obr. 4.35 Vývoj cen vodného a stočného v Brně.....	77
Obr. 4.36 Vývoj cen vodného a stočného v Ostravě.....	79
Obr. 4.37 Porovnání cen vodného a stočného v Praze, Brně a Ostravě .....	81
Obr. 4.38 Předpokládaný vývoj ceny elektrické energie .....	83
Obr. 4.39 Vývoj ceny dílčích provozních nákladů.....	85
Obr. 4.40 Celkové provozní náklady na výrobu bílé vody .....	87
Obr. 4.41 Cena bílé vody v závislosti na čase.....	87
Obr. 4.42 Srovnání nákladů na vodu.....	91
Obr. 4.43 Čistá současná hodnota v závislosti na čase .....	94



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Na ... sodík

K ... draslík

Ca ... vápník

P ... fosfor

$N(NH_3 + NH_4^+)$  ... suma dusíku amoniakového a amonného (nedisociovaná + disociovaná forma)

c ... koncentrace

ČOV ... čistírna odpadních vod

BSK<sub>5</sub> ... biochemická spotřeba kyslíku

CHSK ... chemická spotřeba kyslíku

PVC ... polyvinylchlorid

C ... uhlík

N ... dusík

MBR ... membránový bioreaktor

$q_{sběr}$  ... průtok sběrných šedých vod [l/den]

$q_{dod}$  ... průtok dodávaných bílých vod [l/den]

2. PP ... druhé podzemní podlaží

1. PP ... první podzemní podlaží

1. NP ... první nadzemní podlaží

2. NP ... druhé nadzemní podlaží

$NH_3$  ... amoniak

$NH_4^+$  ... kation amonný

$NO_3$  ... dusičnany

$NO_2$  ... oxid dusičitý

CN ... kyanidový ion

NaOH ... hydroxid sodný

DPH ... daň z přidané hodnoty

PPR ... polypropylen

PP HT ... polypropylen HT systém

$Q_{ww}$  ... průtok splaškových vod [l/s]

$Q_c$  ... trvalý průtok (trvajícím déle než 5 min) [l/s]

$Q_p$  ... čerpaný průtok (trvajícím déle než 5 min) [l/s]

K ... součinitel odtoku

$\Sigma DU$  ... součet výpočtových odtoků [l/s]

$f$  ... součinitel výtoku

$Q_A$  ... jmenovitý výtok jednotlivými druhy výtokových armatur a zařízení [l/s]

$n$  ... počet výtokových armatur stejného druhu

$\phi$  ... součinitel současnosti odběru vody z výtokových armatur a zařízení stejného druhu

$\varnothing$  ... průměr [mm]

$\Delta p$  ... tlaková diference [kPa]

$Q$  ... objemový průtok na sání [m<sup>3</sup>/min]

$n_1$  ... otáčky elektromotoru [1/min]

$n_2$  ... otáčky dmyhadla [1/min]

$P_1$  ... výkon elektromotu [kW]

$P_2$  ... příkon dmyhadla [kW]

$t_2$  ... teplota na výstupu [°C]

$L_p (A)$  ... emisní hladina akustického tlaku A (bez/s protihlukovým krytem) [dB]

$RN$  ... nominální diskontní sazba

$r$  ... reálná diskontní sazba [%]

$IE$  ... inflační koeficient [%]

$DF$  ... diskontní faktor

$DPT$  ... diskontovaný peněžní tok [Kč]

$PV$  ... diskontovaná doba návratnosti [Kč]

$\check{S}SH$  ... čistá současná hodnota [Kč]

$IN$  ... investiční náklady [Kč]

## SUMMARY

In this diploma thesis, I dealt with a relatively new possibility of decreasing consumption of drinking water. This possibility consists of treatment of greywater, converting it into utility water, so-called white water. The aim of the thesis was to elaborate research on the given topic, to state specific examples of use of greywater and to design technology for treatment of greywater in a selected building.

The first part of the diploma thesis was research. This is not currently a very hot topic in the Czech Republic, as for the time being, we are not struggling with a lack of water resources. No valid standard or regulations currently exist in our country, and this is why I drew mainly from foreign literature, e.g. the British Standard BS 8525 – 1:2010.

For the part in which I was supposed to state illustrative examples of utilisation of greywater, I gained information relating to three cases. In the Czech Republic, this technology is utilised in the Mosaic House Hotel in Prague. A double system of water mains and sewage mains pipes is installed in this hotel, where greywater is separate, this then being channelled into special equipment where it is treated. The cleaned water, so-called white water, is distributed for flushing WCs and into cleaning cupboards, where it is used for cleaning.

The second example comes from France, where this technology was installed in a family house. Water is collected from the shower and washbasins and after having been treated, this water is used to wash clothes and to water the garden. After the system was connected and set into operation, several control measurements and analyses were taken here, which showed that white water can be used as utility water in areas where drinking water is not necessary.

The last example of utilisation of greywater in this thesis is Hotel Am Kurpark in Germany. Here, water from baths, showers and washbasins is treated, the quality of which is close to that of drinking water. Treated water is used here for flushing toilets, watering the greenery and laundry.

I designed technology for treatment of greywater for the swimming pool complex in Brno on Rašínova. I designed new distribution mains for inflow of white water to toilets and urinals in this building, partial new pipes for offtake of greywater and technology used for treatment of greywater.

I designed the pipes for distribution of white water from polypropylene PPR and the pipes for offtake of greywater using the polypropylene HT system.

After designing the whole system for treatment of greywater, I determined the budget for the whole construction project and then the return on investment.

I determined total investment costs for construction of the system in the swimming pool building at the level of CZK 804,378.35 including 20% VAT. The return on this investment, if the system for use of greywater were already set into operation at the start of 2012, would already be in 2025.

## SEZNAM PŘÍLOH

1. Kopie výsledného protokolu rozboru šedé vody ze Zdravotního ústavu se sídlem v Brně
2. Technologické schéma systému na úpravu šedých vod
3. Půdorys 2. PP s vykreslením ZTI
4. Půdorys 1. PP s vykreslením ZTI
5. Půdorys 1. NP s vykreslením ZTI
6. Půdorys 2. NP s vykreslením ZTI